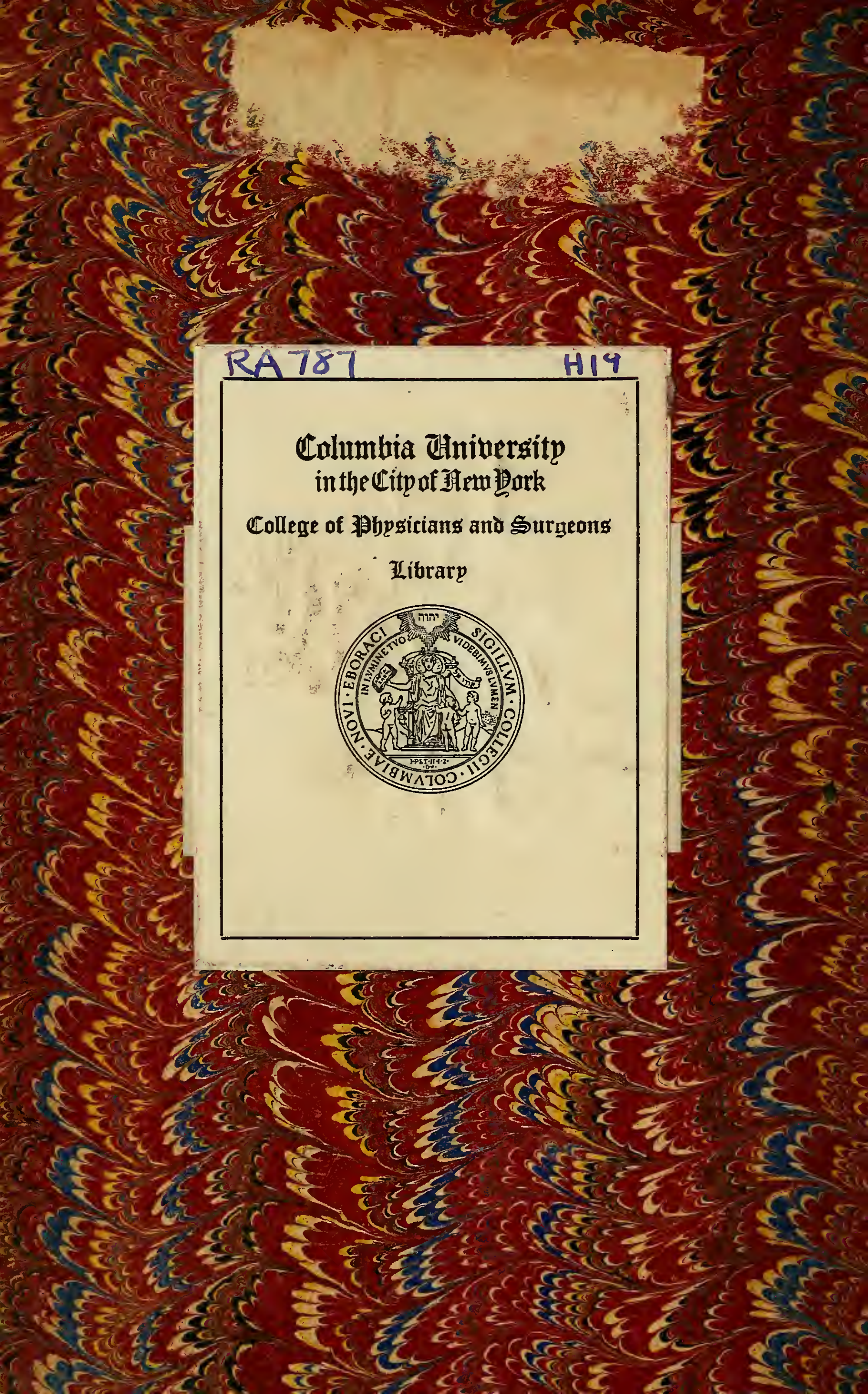
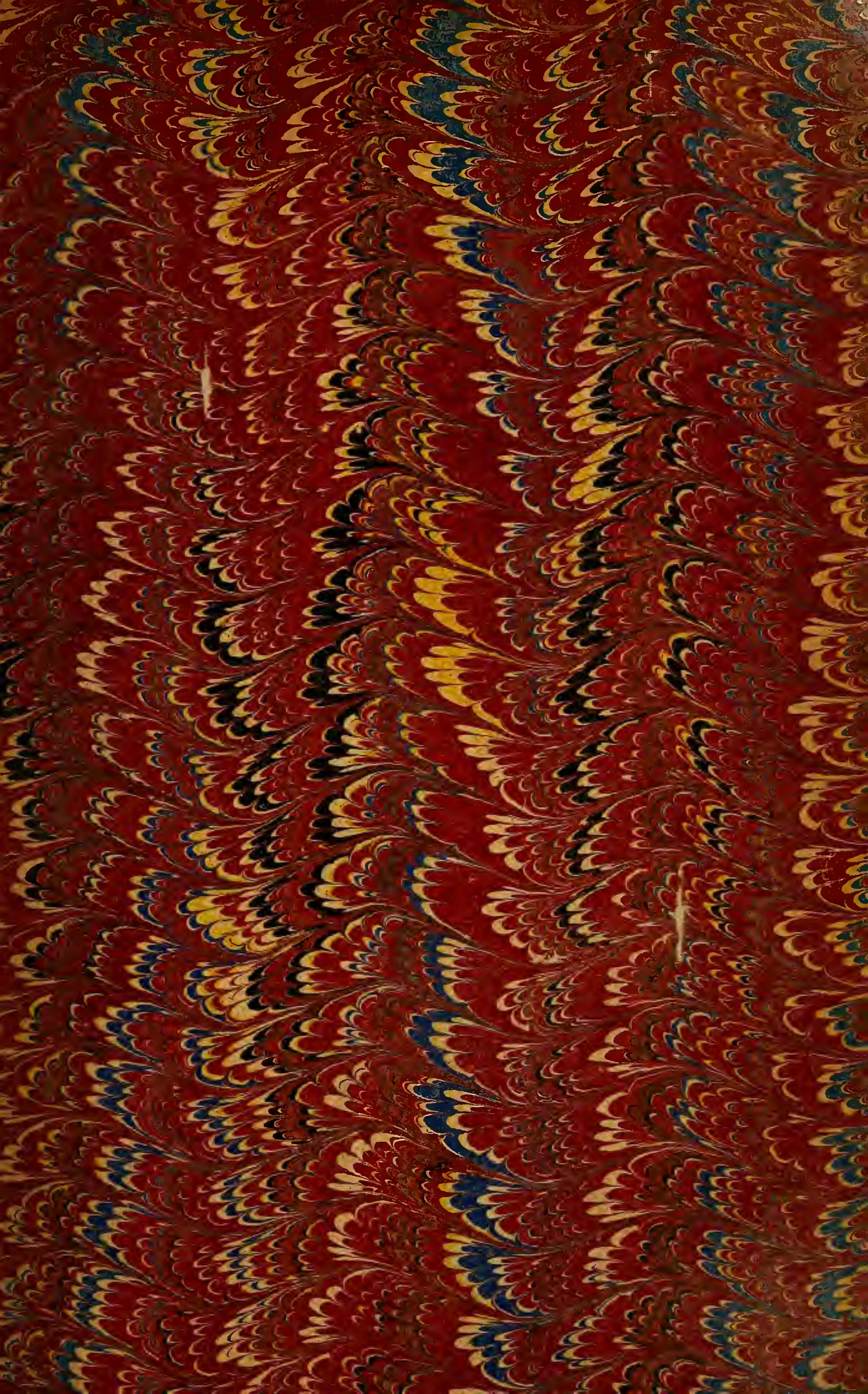










HANDBUCH DER HYGIENE

UND DER

GEWERBEKRANKHEITEN

BEARBEITET VON

DR. A. BAER IN BERLIN, DR. F. ERISMANN IN MOSKAU, PROF. DR. C. FLÜGGE IN GÖTTINGEN, PROF. J. FORSTER IN AMSTERDAM, PROF. A. GEIGEL IN WÜRZBURG, BAUR. L. DEGEN IN REGENSBURG, PROF. A. HILGER IN ERLANGEN, PROF. L. HIRT IN BRESLAU, DR. A. KUNKEL IN WÜRZBURG, DR. G. MERKEL IN NÜRNBERG, PROF. v. PETTENKOFER IN MÜNCHEN, DR. F. RENK IN MÜNCHEN, DR. A. SCHUSTER IN MÜNCHEN, DR. J. SOYKA IN MÜNCHEN UND DR. G. WOLFFHÜGEL IN BERLIN.

HERAUSGEGEBEN

VON

Prof. Dr. M. v. PETTENKOFER UND Prof. Dr. H. v. ZIEMSSEN.

ERSTER THEIL.

2. ABTHEILUNG. 1. HEFT.

Fermente und Mikroparasiten

VON

Prof. Dr. C. FLÜGGE in Göttingen.

MIT 65 ABBILDUNGEN.

LEIPZIG,

VERLAG VON F. C. W. VOGEL.

1883.

HANDBUCH DER HYGIENE.

I. THEIL.

2. ABTHEILUNG. 1. HEFT.

---

v. ZIEMSSEN'S HANDBUCH
DER
SPECIELLEN PATHOLOGIE UND THERAPIE.
ERSTER BAND.
Dritte umgearbeitete Auflage.

HANDBUCH DER HYGIENE
UND DER
GEWERBEKRANKHEITEN

BEARBEITET VON

DR. A. BAER IN BERLIN, DR. F. ERISMANN IN MOSKAU, PROF. DR. C. FLÜGGE IN GÖTTINGEN, PROF. J. FORSTER IN AMSTERDAM, PROF. A. GEIGEL IN WÜRZBURG, BAUR. L. DEGEN IN REGENSBURG, PROF. A. HILGER IN ERLANGEN, PROF. L. HIRT IN BRESLAU, DR. A. KUNKEL IN WÜRZBURG, DR. G. MERKEL IN NÜRNBERG, PROF. v. PETTENKOFER IN MÜNCHEN, DR. F. RENK IN MÜNCHEN, DR. A. SCHUSTER IN MÜNCHEN, DR. J. SOYKA IN MÜNCHEN UND DR. G. WOLFFHÜGEL IN BERLIN.

HERAUSGEGEBEN
VON
Prof. Dr. M. v. PETTENKOFER und Prof. Dr. H. v. ZIEMSSEN.

ERSTER THEIL.
2. ABTHEILUNG. 1. HEFT.

Fermente und Mikroparasiten

von

Prof. Dr. C. Flügge.

LEIPZIG,
VERLAG VON F. C. W. VOGEL.
1883.

HANDBUCH DER HYGIENE

UND DER

GEWERBEKRANKHEITEN.

ERSTER THEIL.

INDIVIDUELLE HYGIENE.

2. ABTHEILUNG. 1. HEFT.

Fermente und Mikroparasiten

VON

Prof. Dr. C. FLÜGGE in Göttingen.

MIT 65 ABBILDUNGEN.

LEIPZIG,
VERLAG VON F. C. W. VOGEL.
1883.

VORWORT.

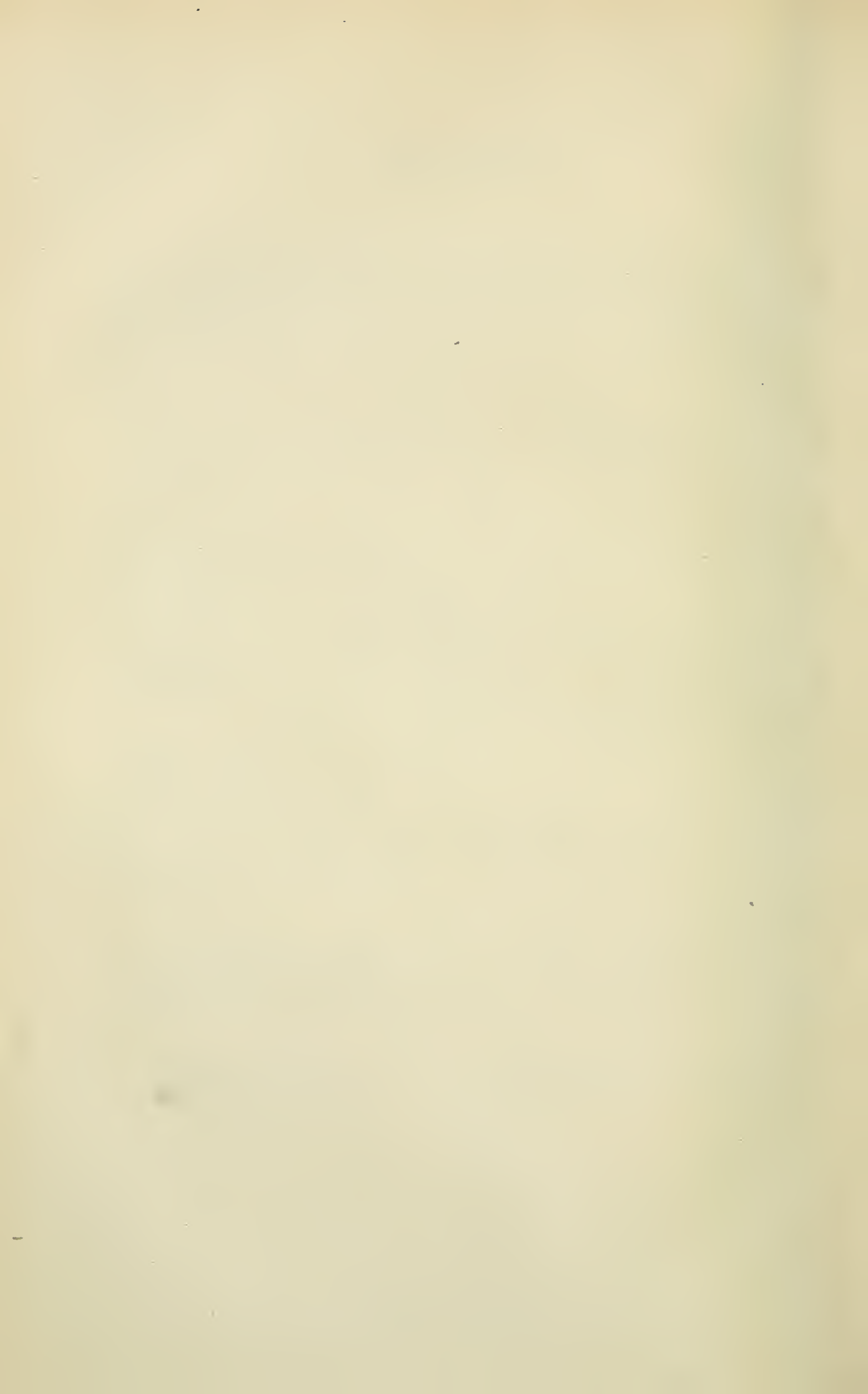
Die Bearbeitung des vorliegenden Beitrags zum Handbuch der Hygiene habe ich nur langsam und mit zahlreichen Unterbrechungen ausführen können, weil meine Zeit durch meine Lehrthätigkeit mehr und mehr in Anspruch genommen wurde. Aus diesem Grunde ist, namentlich für die erste Hälfte der Arbeit, die Literatur des Jahres 1882 nicht mehr vollständig verwerthet worden. Als wichtigste neuere Forschungsresultate, die keine Aufnahme im systematischen Theil mehr finden konnten, mögen hier besonders hervorgehoben sein: die von Fehleisen ausgeführte Züchtung der Erysipelkokken auf Pepton-Fleischinfusgelatine und die wirksame Uebertragung dieser Cultur auf Menschen (Fehleisen, die Aetiologie des Erysipels, Berlin 1883); ferner die Entdeckung, Züchtung und Ueberimpfung der Rotzbacillen durch Loeffler und Schütz (Boerner's deutsche medicinische Wochenschrift 1882, No. 52); endlich die Züchtung und Uebertragung der Gonorrhoe-Mikrokokken durch Bockhart (Sitzungsbericht der Würzburger phys.-med. Ges. 1882. Sept.).

Die im Verhältniss zu der Ausdehnung des behandelten Themas knapp zugemessene Bogenzahl, sowie der Umstand, dass es unmöglich ist, in einem von mehreren Autoren verfassten Handbuche dem einzelnen Theil eine selbstständige Gestalt zu geben, mögen es erklären, wenn an einigen Stellen des Textes scheinbar Lücken oder zu kurze Andeutungen sich finden. Die übrigen Capitel des Handbuchs werden hier ergänzend eintreten.

Die Abbildungen sind theils nach eigenen Zeichnungen ausgeführt, theils aus Leuni's Synopsis, aus Cohn's und Koch's Publicationen entnommen.

Göttingen, im Juni 1883.

Professor **C. Flügge.**



INHALTSVERZEICHNISS.

DRITTER ABSCHNITT.

VIERTER ABSCHNITT.

FERMENTE UND MIKROPARASITEN

VON

Dr. C. FLÜGGE IN GÖTTINGEN.



HERRN

OBERMEDICINALRATH PROFESSOR DOCTOR

JACOB HENLE,

DER MIT GENIALEM SCHARFBLICK SCHON VOR 40 JAHREN DAS WESEN
DER INFECTIONSKRANKHEITEN KLAR ERKANNTE,

ZUM

50JÄHRIGEN DOCTORJUBILÄUM

GEWIDMET

IN GRÖSSTER EHRERBIETUNG

VOM VERFASSER.

GÖTTINGEN, AM 4. APRIL 1882.



Literatur.

Die ausserordentliche Fülle vorhandener Publicationen über Fermente und Mikroparasiten macht es unmöglich, hier ein vollständiges Literaturverzeichniss zu geben; es sind daher nur die bedeutenderen und für die weitere Orientirung besonders wichtigen Arbeiten zusammengestellt. — Betreffs der Publicationen über einige specielle Fragen sei ausserdem auf die Citate unter dem folgenden Text verwiesen.

Lehr- und Handbücher, Uebersichten, Zeitschriften: 1) Referate von Richter u. Birch-Hirschfeld in Schmidt's Jahrbüchern der ges. Medicin. 1873. Bd. 159, S. 169; 1875, Bd. 166, S. 169; Bd. 168, S. 57. — 2) Henle, Pathologische Untersuchungen. 1840. — Handbuch der rationellen Pathologie. 2. Bd. 2. Abtheilung. 1853. — 3) Lex in Roth u. Lex, Militärgesundheitspflege. I. S. 167 u. 480. — 4) Ziegler, Lehrb. der patholog. Anatomie. Jena 1881. S. 273. — 5) Virchow, Die Fortschritte der Kriegsheilkunde. Berlin 1874. — Krankheitswesen u. Krankheitsursachen. Virchow's Archiv. Bd. 79, S. 1 u. 185. — 6) Klebs, Beiträge zur Anatomie der Schusswunden. Leipzig 1872. — Artikel „Ansteckende Krankheiten" in Eulenburg's Realencyclopädie. — 7) Billroth, Untersuchungen über die Vegetationsformen d. Coccobacteria septica. Berlin 1874. — 8) Nägeli, Die niederen Pilze. München 1877. — 9) Buchner, Die Nägeli'sche Theorie. Leipzig 1877. — 10) Wernich, Die Entwicklung der organisirten Krankheitsgifte. Berlin 1880. — Grundriss der Desinfectionslehre. Wien und Leipzig 1880. — 11) Hallier, Die pflanzlichen Parasiten. Leipzig 1866. — Parasitologische Unters. Leipz. 1868. — Phytopathologie, ib. 1868. — 12) Hiller, D. Lehre v. d. Fäulniss. Berlin 1879. — 13) Schützenberger, Die Gährungserscheinungen. 1874. — 14) A. Mayer, Lehrb. d. Gährungschemie. 2. Aufl. 1876.

Botanische Handbücher: 15) Leunis, Synopsis der Pflanzenkunde; dritte Abtheilung, Kryptogamen, bearbeitet von Frank. Hannover 1877. — 16) Rabenhorst's Kryptogamenflora. 1. Bd., Pilze, von Winter. 1. Lieferung. Leipzig 1881. — 17) Eidam, Der gegenwärtige Standpunkt der Mykologie. 2. Aufl. Berlin 1872. — 18) de Bary, Morphologie u. Physiologie der Pilze etc. 2. Bd. 1. Abth. von Hofmeister's Handbuch der physiologischen Botanik. Leipzig 1866. — 19) Bail, Die wichtigsten Sätze der neueren Mykologie. Jena 1861. — 20) Bonorden, Handbuch der allgemeinen Mykologie. 1851. — 21) Sachs, Lehrbuch der Botanik. 4. Aufl. Leipzig 1874. — 22) Pfeffer, Pflanzenphysiologie, ein Handbuch etc. 2 Bände. Leipzig 1881.

Periodische Schriften: 23) Cohn, Beiträge zur Biologie der Pflanzen. I. Band, 1875; II. Band 1877; III. Bd. 1879—80. — 24) Brefeld, Botanische Untersuchungen über Schimmelpilze. 1. Heft 1872, 2. Heft 1874, 3. Heft 1877, 4. Heft 1881. — 25) de Bary u. Woronin, Beitr. zur Morphol. u. Phys. der Pilze. Frankfurt a. M. 1864, 1866, 1870. — 26) Hoffmann, Mykologische Berichte. Giessen 1870—1872. — 27) Mittheilungen aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte, herausgeg. von Dr. Struck. 1. Band. Berlin 1881. Ferner zahlreiche Publicationen in Klebs' Archiv für experimentelle Pathologie. Band 1—14, 1874—1882; Virchow's Archiv für pathologische Anatomie, nam. Bd. 70—86, 1877—1881; Comptes rendus hebdom. des séances de l'Acad. des sciences, nam. Band 44 u. 45 (1857) bis Bd. 92 u. 93 (1881); Lancet 1867 u. folg. Jahrgg. (Lister's Methode).

Ueber Gährung und Fäulniss. Allgemeines: 28) Braconnot, Annal. de Chim. et Phys. Bd. 47. 59. — 29) Schubert, Poggendorf's Annalen. Bd. 69, S. 157. Bd. 77, S. 197. — 30) Berzelius, Lehrbuch der Chemie. Bd. 8, S. 84; Jahresberichte 1839,

S. 401; 1840, S. 558. — 31) Schönbein, Journ. f. prakt. Chemie. Bd. 63, S. 323. Bd. 89, S. 323. — Verh. d. Baseler naturf. Ges. Bd. IV, S. 797; Bd. V, S. 1—15. — Ztschr. f. Biol. 1, S. 273; Bd. 3, S. 140; Bd. 4, S. 367. — 32) Mitscherlich, Monatsbericht d. Berl. Akademie d. Wissensch. Dec. 1841. S. 392. — Poggendorf's Annalen. 1842. Bd. 55, S. 225; ferner 1843, Bd. 59, S. 97. — 33) Liebig, Verh. der Münchener Akademie d. Wissensch. v. 9. Mai 1861 u. 5. Nov. 1869. — Annalen der Pharmacie. Bd. 30, S. 250. — Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. Braunschweig 1846. S. 374—584. Ueber Gährung, Quelle der Muskelkraft und Ernährung. Leipzig u. Heidelberg 1870. — 34) Pasteur, Etude sur la bière. 1876. — Annal. de chim. et de phys. 1860. III. sér. Bd. 58, p. 346. — 1862, Bd. 64. — Compt. rendus 1857, Bd. 45; 1861, Bd. 52; 1863, Bd. 56; 1864, Jan.; 1871, Dec.; 1872, Bd. 75; ff. — 35) Traube, Chem. Ber. 8, S. 776. — Poggendorf's Annalen. 1858. Bd. 103, S. 331. — Theorie der Fermentwirkungen. Berlin 1858. — 36) Dumas, Compt. rend. 1872. Bd. 75. No. 6. p. 277—295. — 37) Helmholtz, Müller's Arch. 1843. S. 453. — Journal für praktische Chemie. Bd. 31, S. 429. — 38) Turpin, Compt. rend. Bd. 7. 1838. — Annalen der Chemie und Pharmacie. 1839. Bd. 23, S. 100. — 39) Lüdersdorff, Poggendorf's Annalen. Bd. 67, S. 408. — 40) C. Schmidt, Annalen der Chemie und Pharm. Bd. 61, S. 168. — 41) Blondeau, Journ. de Pharm. 1846. Bd. 12, p. 244 u. 336. — 42) Wagner, Journ. f. prakt. Chemie. Bd. 45, S. 241. — 43) Berthelot, Compt. rend. 1857. Bd. 44, p. 702. — 44) Hofmann, Aerztl. Verein z. Wien. 7. Mai 1873, Allg. medic. Centralztg. 1873. S. 605. — 45) Duclaux, Thèses présentées à la faculté de Paris 1865. — 46) Dubrunfaut, Compt. rend. 1871. Bd. 73. p. 200, 263 u. 317. — 47) Lex, Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1872. S. 291. — 48) Panum, Nord. med. Ark. 10. S. 4. — 49) Mosler, Mykologische Studien am Hühnerei. Virch. Arch. 29. S. 510. — 50) Hüfner, Journ. f. prakt. Chemie. N. F. 10. S. 148. — 51) Colin, Annal. d. Chim. et Phys. 28, p. 128; 30, p. 42. — 52) Hoppe-Seyler, Arch. f. Phys. 12. — Medic.-chem. Unters. 1871. H. 4. — 53) Fleck, Ber. der chem. Centralst. Dresden 1876. — 54) Karsten, Chemismus der Pflanzenzelle. Wien 1869. — 55) Hallier, Gährungserscheinungen. Leipzig 1867. — 56) Schützenberger, Die Gährungserscheinungen. 1874. — 57) A. Mayer, Lehrbuch der Gährungschemie. 2. Aufl. 1876. — 58) Harz, Grundzüge d. alkoholischen Gährungslehre. München 1877. — 59) Nägeli, Theorie der Gährung. 1879. — 60) Brefeld, Landwirthsch. Jahresber. 1874. Bd. 3, S. 1; 1875. Bd. 4, S. 405; 1876 Bd. 5, S. 306. — 61) Fitz, Berichte d. chem. Ges. 1873. Bd. 6, S. 48; 1878. Bd. 10, S. 276; 1879. Bd. 11, S. 42 u. 498; Bd. 12, S. 474; 1880. Bd. 13, S. 1309. — 62) Prazmowski, Unters. üb. d. Entwicklungsgeschichte einiger Bacterien. Leipzig 1880.

Ueber Hefe: 63) Cagniard-Latour, Mémoire sur la fermentation vineuse. Ann. de chim. et de phys. 2. sér. T. 68. p. 206. — 64) Schwann, Annal. d. Phys. u. Chem. 1837. Bd. 41, S. 184. — 65) Kützing, Journ f. prakt. Chemie. Bd. 11, S. 385. — 66) Rees, Botanische Untersuchungen üb. die Alkoholgährungspilze. Leipz. 1870. — Sitz.-Ber. d. phys.-med. Societät zu Erlangen. 1877. Juli. — 67) Bonorden, Abh. der naturf. Ges. zu Halle 1864. — 68) Hoffmann, Botan. Untersuchungen, herausgegeben von Karsten. 1867. Bd. I. — 69) de Bary, Beitr. z. Morph. und Phys. der Pilze. Frankf. 1864. — 70) Bail, J. f. prakt. Chemie. 101. S. 47. — Flora 1857. — 71) Fitz, Ber. d. chem. Ges. Bd. 6. 1873. — 72) Cienkowsky, Mélanges biologiques tirées du bulletin de l'ac. imp. des sc. de St. Pétersbourg. Bd. 8. — 73) Grawitz, Virch. Arch. Bd. 70. S. 557. — 74) Nägeli, Theorie der Gährung. München 1879. — 75) Schützenberger, Unters. über die Bierhefe. Ber. d. chem. Ges. 27. S. 192. — Compt. rend. 1879. p. 383.

Harngährung: 76) van Tieghem, Compt. rend. 58. 1864, p. 210. — 77) Feltz und Ritter, Journ. de l'Anat. et Phys. 1874. — 78) Pasteur, Annal. de chim. de Phys. Bd. 64. 1862. — Bull. de l'Acad. de méd. 1876. No. 27. — 79) Colin, Bull. de l'Acad. de méd. 1875. — 80) Musculus, Ber. d. chem. Ges. 1874. S. 124. — Arch. für Phys. 12. S. 214. — 81) Hiller, Centrbl. f. die med. Wissensch. 1874. S. 53. — 82) Béchamp, Compt. rend. 60. p. 445. — 83) Dubelt, Arch. f. exp. Path. 5. S. 195. — 84) Partens u. Joubert, Ber. d. chem. Ges. 9. S. 1130.

Generatio aequivoca und Panspermie: 85) F. Schulze, Gilbert's Annal. d. Physik u. Chemie. 1836. Bd. 39, S. 487. — 86) Ehrenberg, Abhandlungen der Königl. Akad. d. Wissensch. zu Berlin. Jahrg. 1830, 1832, 1834—1835. Uebersicht der seit 1847 fortgesetzten Untersuchungen über das von der Atmosphäre unsichtbar getragene reiche organische Leben. Aus den Abhdl. d. Kgl. Akad. d. Wissensch. zu

Berlin 1871, C. Vogt. — 87) Schwann, Gilbert's Annalen d. Physik u. Chemie. 1837. Bd. 41, S. 184. — 88) Schröder u. v. Dusch, Annalen d. Chemie u. Pharm. 1854. Bd. 89, S. 232—243; 1859. Bd. 109, S. 35—52; 1861. Bd. 117, S. 273—294. — 89) Pasteur, Annales de chim. et de phys. 1862. Bd. 64, S. 1—110. — 90) Cohn, Vortrag, geh. a. der 47. Versammlung deutsch. Naturf. u. Aerzte zu Breslau, 24. Sept. 1874. — 91) Pouchet, Hétérogénie ou traité de la génération spontanée. Paris 1859. — 92) Huizinga, Pflüger's Arch. f. Phys. 7, S. 549; 8, S. 277, 551; 10, S. 62. — 93) Bastian, Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1876. S. 521. — Compt. rend. Bd. 83. No. 8. 94) Gscheidlen u. Putzeys, Pflüger's Arch. 1874. Bd. 9, S. 163—174. — 95) Samuelson, Pflüger's Arch. Bd. 8, S. 277—288. — 96) Burdon-Sanderson, Nature, Bd. 8, p. 478. — 97) Crivelli e Maggi, Estratto d. Rendiconti del Reale Ist. Lombardo, ser. 2. Bd. 1, 2, 3. Milano 1868—70.

Präexistenz von Keimen in lebenden Geweben: 98) van den Broek, Ann. f. Chem. u. Pharm. 1860. S. 115, 175. — 99) Pasteur, Compt. rend. 56. p. 738. 1194. 1863. — Bull. de l'acad. de méd. 1875. — Etudes sur la bière 1876. p. 46. — 100) Gayon, Recherches sur les altérations spontanées des oeufs. Paris 1875. p. 45. — Compt. rend. 1873. Jan. — 101) Lüders, Arch. f. mikr. Anat. 8, S. 317. 1867. — 102) Hensen, Ibid. S. 342. — 103) Rindfleisch, Virch. Arch. 54, S. 397. 1872. — 104) Chauveau, Compt. rend. 76, p. 1092 1873. — 105) Paschutin, Virch. Arch. 59, S. 490. 1874. — 106) Kolaczek, Centralbl. f. Chirurg. 1875. S. 197. — 107) Tiegel, Virch. Arch. 60, S. 453. 1874. — 108) Billroth, Coccobact. sept. S. 59. — 109) Koukol-Yasnopolski, Pflüger's Arch. 12, S. 80. 1876. — 110) Servel, Compt. rend. 79, p. 1270. 1874. — 111) Burdon-Sanderson, Thirteenth report of the Medical offic. of the Priv. Counc. p. 65. — The British Medical Journ. 1878. p. 119. — 112) Nencki und Giacosa, Journ. für pract. Chemie. N. F. Bd. 19 u. 20. — 113) Roberts, Philosophic. Transactions 1874. p. 457. — 114) Cazeneuve und Livon, Compt. rend. 85, p. 571, 1877. — 115) Billroth, Arch. f. klin. Chir. 20, S. 432. 1877. — 116) Lister, Journ. of Microsp. Sc. 1878. p. 179. — 117) Chiene und Cossar Ewarts, Journ. of Anat. a. Phys. 1878. April. S. 448. — Vorstehende Literatur citirt in: 118) Rosenbach, Ueber einige fundamentale Fragen in der Lehre von den chirurgischen Infectionskrankheiten. Deutsche Zeitschr. f. Chirurgie. Bd. 13, S. 334. 1880. Daselbst findet sich ein ausführliches Referat der Meissner'schen Versuche.

Einfluss des Sauerstoffs: 119) Pasteur. Compt. rend. 52, p. 340, 1260. — 75, p. 784. — 56, p. 416. 1189. — 80, p. 452. — 120) Liebig, Annal. d. Chem. u. Pharm. 1870. Bd. 153, S. 1. — 121) Schützenberger u. Quinquaud, Compt. rend. 77, p. 272. — 122) A. Mayer, Landw. Versuchsstat. 1873. Bd. 16, S. 290. — 1880. Bd. 25, S. 301. — Poggendorff's Annalen 1871. S. 293. — Ztschr. f. Biol. Bd. 5, S. 311. — 123) Müntz, Annal. de Chim. et de Phys. 1876. Bd. 8, S. 88. — 124) Brefeld, Landwirthsch. Jahresber. 1874. Bd. 3, S. 32. — 1876. Bd. 5, S. 293. — Verh. d. Würzburger physik.-med. Ges. 1873, S. 163. — 125) Hüfner, Journ. f. prakt. Chemie. 1876. Bd. 13, S. 475. — 126) Paschutin, Virch. Arch. 59, S. 890. — 127) Grossmann und Mayershausen, Arch. f. Phys. 1877. Bd. 15, S. 245. — 128) Gunning, Chem. Centralbl. 1878. S. 799. — 1880. S. 9. — Ibid. 20, S. 418. — 129) Traube, Ber. d. chem. Ges. 1874. S. 875. — 130) Nencki, Beiträge z. Biologie d. Spaltpilze. 1880. S. 3. — Journ. f. prakt. Chemie. 19, S. 337. — Ueb. die Zersetzung der Gelatine etc. Bern 1876. — 131) Lechartier et Bellamy, De la fermentation des fruits. Compt. rend. 81, p. 1127. — 132) Popoff, Pflüger's Arch. f. Phys. 10, S. 135. — 133) Jeanneret, Journ. f. prakt. Chemie. N. F. 15, S. 353.

Nicht organisirte Fermente: 134) Baranetzky, Die stärkeumbildenden Fermente 1878. — 135) Krauch, Landwirthsch. Versuchsstation 1879. Bd. 23, S. 77. — 136) Schützenberger, Die Gährungserscheinungen 1876. — 137) A. Mayer, Landw. Versuchsst. 1871. Bd. 14, S. 72. — 138) Gayon, Compt. rend. 1878. Bd. 86, S. 52. — 139) Donath, Ber. d. chem. Ges. 1875. S. 286. — 140) Barth, Ibid. 1878. S. 474. — 141) Nägeli, Sitzungsber. d. Bayer. Akad. d. Wissensch. 1878. H. 2, S. 177. — 142) Berthelot, Compt. rend. 50, p. 890. — 143) Hoppe-Seyler, Ber. d. chem. Ges. 4, S. 810. — Arch. f. Phys. Bd. 12. — 144) v. Gorup-Besanez, Ber. d. chem. Ges. 1874. Bd. 7, S. 1478. 1875. Bd. 8, S. 1510. — 145) A. Schmidt, Ueber Emulsie etc. Diss. Tübingen 1871. — 146) v. d. Horst, Chem. Centralbl. 1878. S. 279. — 147) Krukenberg, Untersuchungen des physiologischen Instituts zu Heidelberg. 2. S. 273. — 148) Wurtz und Bouchut, Compt. rend. 89, p. 425. 90, p. 1379. — 149) Bouchut, Compt. rend. 91, p. 67. — 150) Kühne, Untersuchungen aus dem

phys. Institut zu Heidelberg. Bd. 1. — Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1878. S. 357. — 151) v. Nencki, Berichte d. chem. Ges. 9, S. 295.

Mikroorganismen als Krankheitserreger: Allgemeines: Die oben cit. Werke von Cohn, Nägeli, Billroth, Klebs, Wernich; ferner 152) Koch, Cohn's Beitr. z. Biologie der Pflanzen. 2. Bd. 2. u. 3. Heft. — Untersuchungen über die Aetiologie der Wundinfectionskrankheiten. Leipzig 1878. — Mittheilungen aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt, Bd. 1. Berlin 1881. — 153) Bollinger u. A., Zur Aetiologie der Infectionskrankheiten, Vorträge, gehalten im ärztl. Verein zu München. 1881. — Von älteren Schriften seien erwähnt: 154) Hallier, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1867. 30. — Parasitologische Untersuchungen 1868. — Zeitschrift für Parasitenkunde. Bd. 1 u. 2. — 155) Salisbury, Americ. Journ. of Med. Sc. 1861. 1866. — 156) Klob, Pathol.-anat. Studien über das Wesen des Choleraprocesses. 1867. — 157) Thomé, Virchow's Archiv. Bd. 38. S. 221. — 158) de Bary, Virchow-Hirsch's Jahresberichte 1867. II. — 159) Hoffmann, Botan. Zeitung 1863. 1869. — 160) Lemaire, Compt. rend. Bd. 58. — Gaz. méd. de Paris 1868. — 161) Coze und Feltz, Gaz. méd. de Strassbourg 1866. — 162) Bettelheim, Wiener med. Presse 1868. — 163) Béchamp, Compt. rend. Bd. 67. — 164) Hueter, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1868.

Krankheitserregung bei Pflanzen und Insekten: 165) Kühn, Die Krankheiten der Culturgewächse. Berlin 1858. — 166) de Bary, Rech. sur le développement de quelques champignons parasites. Ann. des sc. nat. 4. sér. II. 1865. — 167) de Bary und Woronin, Beiträge zur Morph. und Phys. der Pilze. III. Frankfurt 1870. — 168) de Bary, Die gegenwärtig herrschende Kartoffelkrankheit. Leipzig 1861. — 169) Willkomm, Die mikroskopischen Feinde d. Waldes. Dresden 1866. — 170) Robin, Histoire naturelle des végétaux, qui croissent sur l'homme et les animaux vivans. Paris 1848. 1853.

Brand- und Rostpilze: 171) Tulasne, Mémoire sur les Ustilagin. compar. aux Urédin. Annal. des sc. natur. 3. sér. Bd. 7. 1847. — Second Mém. sur les Uréd. et les Ustilag. Ibid. 4. sér. Bd. 2. 1854. — Mém. sur l'Ergot. Ibid. Bd. 20. — 172) de Bary, Untersuchungen über die Brandpilze 1853. — Untersuchungen über Uredineen. Monatsber. d. Kön. Akad. d. Wiss. zu Berlin 1864—66. — Annal. d. Landwirthschaft. 23. Jahrg. 1865. — 173) Hoffmann, Botanische Untersuchungen, herausgeg. von Karsten 1866. — 174) Fischer v. Waldheim, Jahrbb. f. wiss. Botanik von Pringsheim. Bd. 7. 1869. — 175) Rees, Die Rostpilzformen der deutschen Coniferen. Halle 1869. —

Krankheiten von Raupen (besonders Seidenraupen): 176) Bassi, Del mal del segno, calcinaccio o moscardino, Sec. ed. Milano 1837. — 177) Vittadini, Della natura de calcino, Giorn. Istit. Lombard. Bd. 3. — 178) de Bary, Zur Kenntniss insectentödtender Pilze. Bot. Ztg. 1867. 1869. — 179) Robin, l. c. (170). — 180) Bail, Ueber Pilzepizootien der forstverheerenden Raupen. Danzig 1869. — Bot. Ztg. 1869. — 181) Pasteur, Compt. rend. Bd. 66, S. 1289 u. ff. Jahrgänge. — 182) Cohn, Beiträge zur Biologie d. Pflanzen. I. 2, 166; 3, 201. — 183) Lebert, Jahresb. d. Ver. zur Beförd. des Seidènbaus für die Prov. Brandenburg 1856—57.

Fliegenkrankheiten: 184) Göthe, Hefte zur Morphologie. I. 292. — 185) Nees v. Esenbeck, Nov. Act. Acad. Caes. Leop. Car. Nat. Cur. Bd. 15. 1831. — 186) Cohn, Empusa muscae u. d. Krankh. der Stubenfliege. Breslau 1865. — 187) Lebert, Abh. d. naturforsch. Ges. in Zürich. 1856. — 188) Fresenius, Abh. d. Senckendorff'schen naturf. Ges. Bd. 2, S. 201. — 189) Brefeld, Unters. über die Entw. d. Emp. muscae u. Emp. radicans. Halle 1871. — 190) Peyritsch, Sitzungsber. der k. k. Akad. der Wiss. in Wien. Bd. 64. 1871.

Specielle Krankheiten des Menschen und der höheren Thiere; Schimmel- und Hefepilze: 191) Friedreich, Virchow's Arch. Bd. 11. — 192) Cohnheim, Ibid. Bd. 33. — 193) Fürbringer, Ibid. Bd. 76. — 194) Rosenstein, Berl. klin. Woch. 1867. — 195) Wagner, Jahrb. f. Kinderheilkunde. 1868. — 196) Zenker, Jahresber. der Ges. f. Natur- u. Heilk. in Dresden 1861/62. — 197) Grohe, Berl. klin. Woch. 1871. — 198) Block, Ueber Pilzbildung in thierischen Geweben. Diss. Stettin. 1871. — 199) Leber, Aerztl. Intelligenzbl. 28. Jahrg. No. 7. — 200) Bezold, In den sub (153) citirten Vorträgen. — 201) Kitt, D. Zeitschr. f. Thiermedicin. Bd. 7. — 202) Grawitz, Virchow's Archiv Bd. 70, 1877; Bd. 81, 1880. — Berl. klin. Woch. 1881. No. 45 u. 46. — 203) Krannhals, St. Petersb. med. Woch. 1881. — 204) Gaffky, Mittheilungen des Kais. Ges.-Amts. 1. Bd. S. 80. — 205) Löffler, Ibid. S. 134. — 206) Koch, Berl. klin. Woch. 1881. No. 52.

Wundinfectionskrankheiten (Septicämie, Pyämie): 207) Koch, Wundinfectionskrankheiten. Leipzig 1878. — Mittheil. d. Kais. Ges.-Amts. Bd. I. — 208) Wolff, Virchow's Arch. Bd. 81. — 209) Perret, De la septicémie. Paris 1880. — 210) Semmer, Virch. Arch. Bd. 83. — 211) Rindfleisch, Lehrb. der pathol. Gewebelehre. 1. Aufl. 1866. S. 204. — 212) v. Recklinghausen, Verh. der Würzb. phys.-med. Ges. 1871. — 213) Klebs, Beitr. zur pathol. Anat. der Schusswunden. Leipzig 1872. — 214) Birch-Hirschfeld, Untersuchungen über Pyämie. Leipzig 1873. — Referat in Schmidt's Jahrbb. Bd. 166, S. 169, über die ges. einschlägige Literatur aus den Jahren 1872—74. — 215) Virchow, Embolie u. Infection. Gesamm. Abhandl. 1857. S. 656. — 216) Stich, Charité-Annal. 1852. — 217) Weber, Deutsche Klinik 1864, 65. — 218) Billroth, Arch. f. klin. Chir. Bd. 6, 265. — 219) Billroth u. Ehrlich, Arch. f. klin. Chir. Bd. 20. 1876. — Coccobacteria sept. (7). — 220) Fischer, Ctrlbl. f. d. med. Wissensch. 1868. — 221) Ravitsch, Zur Lehre von der putriden Infection etc. Berlin 1872. — 222) Tiegel, Ueber die fiebererregenden Eigenschaften des Microsporon septicum. Bern 1871. Diss. — 223) Zahn, Zur Lehre von der Entzünd. etc. Heidelberg 1872. — 224) Heiberg, Die puerperalen u. pyämischen Processe. Leipzig 1873. — 225) Orth, Virch. Arch. Bd. 59. 1874. — 226) Coze u. Feltz, Recherches expérimentales etc. Strassbourg 1866. — 227) Lacassagne, De la putridité morbide et de la septicémie. Paris 1872. — 228) Davaine, Bouley, Béhier, Vulpian, Colin, Hayem, Bull. de l'Acad. 2. sér. I. u. II. 1872—1873. — 229) Nassiloff, Virch. Arch. Bd. 50. — 230) Eberth, Zur Kenntniss der bacterischen Mykosen. Leipzig 1872. — Med. Centralbl. Bd. 11, S. 8. 32. — 231) Leber, Med. Ctrlbl. Bd. 11. 1873. S. 9. — 232) Heiberg, Med. Ctrlbl. Bd. 12. 1874. S. 36. — 233) Frisch, Experimentelle Studien über die Verbreitung der Fäulnissorganismen etc. Erlangen 1874. 234) Hemmer, Exp. Studien über d. Wirkung faulender Stoffe. München 1866. — 235) Schweninger, Ueber d. Wirk. faulender org. Subst. etc. München 1866. — 236) v. Raison, Zur Kenntniss der putriden Intoxication etc. Diss. Dorpat 1866. — 237) Frese, Weidenbaum, Schmitz, Peterssen, Schmidt, v. Brehm, Dissertationen über das putride Gift etc. Dorpat 1866—1872. — 238) Bergmann, Das putride Gift etc. Bd. I. Dorpat 1866. — Deutsche Zeitschr. f. Chirurg. I. S. 376. — 239) Bergmann u. Schmiedeberg, Med. Centralbl. 1868. S. 397. — 240) Zülzer u. Sonnenschein, Berl. klin. Woch. 1869. — 241) Panum, Virchow's Arch. Bd. 60. 1874. S. 328. — 242) Hiller, Centralbl. f. Chirurgie 1876. — Die Lehre von der Fäulniss. Berlin 1879.

Erysipel: 243) Nepveu, Gaz. méd. de Paris 1872. — 244) Orth, Arch. f. exp. Path. Bd. 1. 1874. — 245) Lukomsky, Virch. Arch. Bd. 60. — 246) Klebs, Arch. f. exp. Path. Bd. 4. — 247) Tillmanns, Arch. f. klin. Chir. Bd. 23. — Wolff, Virch. Arch. Bd. 81.

Diphtherie: 248) Oertel, Dieses Handbuch. Bd. II. — Deutsch. Arch. für klin. Med. Bd. 8. 1871. — 249) Hueter und Tommasi, Medic. Centralbl. 1868. — 250) Klebs, Arch. f. experim. Path. Bd. 4. — 251) Eberth (230).

Milzbrand: 252) Bollinger, Dieses Handbuch, Bd. 3. — 253) Pollender, Viertelj. f. ger. Med. Bd. 8. 1855. — 254) Brauell, Virch. Arch. Bd. 14. 1858. — 255) Davaine, Compt. rend. Bd. 57. 1863; Bd. 77. 1873. — 256) Pasteur, Bull. de l'Acad. de Méd. 1877; Compt. rend. Bd. 92. 1881; Gaz. méd. 1879. No. 10; Bull. de l'Acad. 1880. 28. — 257) Koch, Cohn's Beiträge zur Biologie d. Pflanzen. S. 277. — Mittheil. d. Kais. Ges.-Amts. I. Bd. S. 49. — 258) Toussaint, Recherches expérimentales sur la maladie charbonneuse. Paris 1879. — 259) Huber, Deutsche med. Wochenschr. 1881, Febr. — 260) Buchner, Ueber d. experim. Erzeugung des Milzbrandcontagiums aus den Heupilzen. München 1880.

Lepra: 261) Armauer Hansen, Virch. Arch. Bd. 79. — 262) Neisser, Bresl. ärztl. Zeitschr. 1879. — Virch. Arch. Bd. 84. 1881. S. 514.

Malaria: 263) Klebs u. Tommasi-Crudeli, Archiv f. experim. Pathologie. Bd. 11, S. 122, 311.

Recurrens: 264) Obermeier, Med. Centralbl. 1873. 10. — Berl. klin. Woch. 1873. 33. — 265) Weigert, D. med. Wochenschr. 1876. — 266) Heidenreich, Der Parasit des Rückfalltyphus. Berlin 1877. — St. Petersb. medic. Woch. 1876. 1. — 267) Moczutowsky, D. Arch. f. klin. Med. Bd. 24. — 268) Albrecht, St. Petersb. med. Woch. 1879. 1. — 269) Carter, D. med. Woch. 1879. 16.

Endocarditis: 270) Maier, Virch. Arch. Bd. 62. — 271) Eberth, Ibid. Bd. 57. — 272) Köster, Ibid. Bd. 72. — 273) Klebs, Arch. f. exp. Path. Bd. 9.

Variola Vaccine: 274) Keber, Virch. Arch. Bd. 42. — Cohn, Virch. Arch. Bd. 55. 1872. — 275) Zülzer, Berl. klin. Woch. 1872. — 276) Weigert, Med. Centralbl. 1871. — Anatom. Beiträge zur Lehre von d. Pocken. 1874. — 277) Chauveau, Compt. rend. Bd. 66. — 278) Klebs, Arch. f. exp. Path. Bd. 10.

Typhus: 279) Letzerich, Arch. f. exp. Pathol. Bd. 9. — 280) Eberth, Virch. Arch. Bd. 81. — 281) Klebs, Arch. f. experim. Path. Bd. 12. 1880. — 282) Tizzoni, Studi etc. sulla genesi del tifo etc. Milano 1880.

Desinfection: 283) Koch, Wolffhügel, Gaffky, Löffler, Hüppe in den Mittheilungen aus dem Kais. Ges.-Amt, Bd. I, S. 188 ff. — 284) Koch, Cohn's Beitr, z. Biol. d. Pflanzen. Bd. 2. Heft 2. — 285) Wernich, Grundriss der Desinfectionslehre. Wien u. Leipzig 1880. — Med. Centralbl. 1879. — Virch. Arch. Bd. 78, 79. — D. med. Woch. 1880. No. 11. — 286) Nägeli, Die niederen Pilze. München 1877. — 287) Lex, Roth und Lex, Militärgesundheitspflege; Viertelj. f. öff. Ges. Bd. 4. — 288) Schröter, Cohn's Beitr. z. Biol. d. Pflanzen. Bd. 1. Heft 3. — 289) Eidam, Ibid. S. 208. — 290) Bucholtz, Arch. f. exp. Path. Bd. 4. — 291) Wernicke, Dissert. Dorpat 1879. — 292) Schotte u. Gärtner, Viertelj. f. öff. Ges. 12. 337. — 293) Salkowski, Viertelj. f. ger. Med. 23. 375. — 294) Mehlhausen, Ber. d. Chol.-Comm. für das deutsche Reich. Bd. 4. 341. — 295) Neubauer und Kolbe, Journ. f. prakt. Chemie. N. F. Bd. 11. — 296) Fleck, Benzoësäure etc. München 1875. — 297) Baierlacher, Aerztl. Intelligenzbl. 1876. — 298) Camerer, Württemb. med. Corr.-Bl. 1875. — 299) Vojda u. Heymann, Wien. med. Presse 1875. 6. — 300) Kletzinsky, Wien. med. Woch. 1866. 60. — 301) Eulenberg, Berl. klin. Woch. 1866. 39. — 302) Eulenberg u. Vohl, Viertelj. f. ger. Med. 1870. — 303) Fischer, Artikel „Desinfection“ im Neuen Handwörterbuch der Chemie. — 304) Frankland, Proc. of the Roy. Soc. 25. 542. — 305) Soyka, Ber. d. Bayer. Akad. d. Wissensch. 1879. Mai. — 306) Nägeli, Ibid. Juni. — 307) Smith, Disinfectants etc. Edinb. 1869. — 308) Davaine, Compt. rend. Bd. 72. — 309) Letheby, Publ. Health. Bd. 2. — Med. Tim. and Gaz. Bd. 2. 487. — Glasgow Med. Journ. Bd. 5. — 310) Dougall, Publ. Health. Bd. 3. 277. — 311) Baxter, Ibid. Bd. 6. 301. — 312) Kramers, Ibid. Bd. 7. 37. — 313) Adams, Brit. med. Journ. 1873. — 314) Mansfield, Philad. med. and surg. Rep. Bd. 36. — 315) Bartlett, Sanit. Rec. Bd. 3. — 316) Wanklyn, Brit. med. Journ. 1873. 275. — Pharm. Journ. and Transact. Bd. 39. 205. — 317) Crace-Calvert, Med. Tim. and Gaz. 1872. — 318) Lane Notter, Lancet 1879. — The Dublin Journ. 1879. — 319) Bond, Arch. méd. Belg. Bd. 7. — 320) Wurtz u. Devergie, Bull. de l'Acad. 1871. — 321) Faye, Compt. rend. Bd. 71. — 322) Bédoin, Ibid. Bd. 82. — 323) Tedesco, Arch. méd. Belg. 1875. — 324) Richardson, Viertelj. f. öff. Ges. 1870. 149. — 325) Toussaint, Bull. de l'Acad. 1880. — 326) Tyndall, Philos. Transact. of the Roy. Soc. 1877. — 327) Vallin, Ann. d'hyg. 1877. — 328) Hornemann, Hygiejnske Mededelser, Ny Raekke. III. 1. — 329) Thorr, Polyt. Centralbl. 1855. — 330) Fraser, Med. Tim. 1870. — 331) Oppert, Viertelj. f. öff. Ges. Bd. 5. — 332) Esse, Ibid. Bd. 3. — 333) Ransome, Brit. med. Journ. 1873. — 334) Petruschky, D. militärärztl. Zeitschr. 1873. 127. — 335) Steinberg, Kriegslazarethe etc. 1872. — 336) Than, Ann. d. Chem. Bd. 198. — 337) Mörschell, D. med. Woch. 1880. — 338) Merke, Virch. Arch. 1880. Bd. 81. — 339) Pasteur, Ann. d'hyg. 1880. — 340) Lassar, D. med. Woch. 1880. — Ueber die präcipitirenden Desinfectionsmittel etc. s. unter „Entfernung der Abfallstoffe“. Die ältere Literatur über Desinfection findet sich namentlich bei Fischer (303) und Wernich (285) zusammengestellt.

Untersuchungsmethoden: 341) Brefeld, Verh. d. phys.-med. Ges. in Würzburg. N. F. Band 8. 1875. S. 43. — Botanische Untersuchungen über Schimmelpilze. Heft 4. Leipzig 1881. — 342) Koch, Mittheilungen aus dem Kaiserl. Ges.-Amt. Bd. 1. S. 1. — Wundinfectionskrankheiten S. 29. — Cohn's Beiträge zur Biol. d. Pflanzen. Bd. 2. Heft 3. — 343) Weigert, Ber. über d. Sitz. der Schlesischen Ges. f. vaterl. Cultur. 1875. Dec. — Virch. Arch. Bd. 84. 1881. S. 275. — 344) Klebs, Arch. f. exp. Path. Bd. 1. S. 47. — Ferner zahlreiche Stellen in den Arbeiten von Cohn, Pasteur, Klebs u. A.; vgl. die Citate unter dem Text.

Einleitung.

In der Aussenwelt, welche die alltägliche Umgebung des Menschen bildet und den Gegenstand der hygienischen Forschung ausmacht, findet der aufmerksame Beobachter in weitester Verbreitung Organismen, die an der Grenze der Sichtbarkeit stehen, selbst für das mit besten optischen Hülfsmitteln gerüstete Auge, die aber mit ihrer ungeahnt ausgedehnten, tief eingreifenden Thätigkeit eine hochwichtige Rolle im Haushalt der Natur und im Dasein des Menschen spielen. Sie bewirken die Zerstörung lebloser organischer Substanz, veranlassen die Oxydation sonst resistenter Stoffe und führen den chlorophyllhaltigen Pflanzen stets neues Nährmaterial zu; sie erregen die verschiedensten Gährungen und sind uns unersetzliche Hülfsmittel zur Bereitung unserer gewohnten Nahrungs- und Genussmittel; sie befallen andererseits unsere Culturgewächse als Parasiten, die ihren Wirthen Degeneration und Tod bringen; sie veranlassen gelegentlich schwerste Erkrankungen bei niederen und höheren Thieren, und selbst den Menschen bedrohen sie mit mörderischen Epidemien. In keinem Gebiete der Hygiene lässt sich ihr Einfluss vermissen; in der Luft, im Boden, im Wasser finden sich dieselben kleinsten Organismen, die wir in unserer nächsten Umgebung, in der Wohnung, in der Nahrung, als stete Begleiter und gelegentlich als gefährliche Feinde zu erkennen vermögen.

Die meisten dieser bedeutungsvollen kleinsten Lebewesen sind Pflanzen von elementarstem Bau und einfachstem Fortpflanzungsmodus, aber ausserordentlicher Vermehrungsfähigkeit; wenige werden den niedrigsten Thieren zugezählt; bei einigen bleibt es zweifelhaft, welchem Naturreich sie angehören. Je nach der Wirkungssphäre, auf welche das Augenmerk vorzugsweise gerichtet war, hat man für diese Organismen verschiedene Benennungen gewählt. Vom physiologisch-chemischen Standpunke aus bezeichnet man sie gern als „organisirte Fermente“, vom speciell pathologischen Standpunkte als „pflanzliche Parasiten“. Beide Bezeichnungen decken sich jedoch nicht ganz mit der Gesammtheit der im hygienischen Interesse bedeutungsvollen kleinsten Lebewesen. Es giebt Mikroparasiten, welche keine fermentartige Wirkungen hervorzurufen im Stande sind; und andererseits existiren viele organisirte Fermente, welche bisher noch nicht als parasitäre Krankheitserreger erkannt

wurden. Vielen der letzteren kann freilich eine parasitäre Rolle nicht völlig abgesprochen werden, so lange unsere Kenntniss der specifischen Krankheitserreger sich noch auf einer so niederen Stufe befindet; sie beanspruchen daher trotzdem fortdauernd das hygienische Interesse, und dies um so mehr, als sie ausserdem häufig umfangreiche Zersetzungen todter organischer Massen veranlassen und dabei lästige oder schädliche Produkte bilden. — Als umfassendere Bezeichnung hat man wohl auch den Namen „Mikroorganismen“ oder „Mikrobien“ gewählt; damit ist aber selbstverständlich der Rahmen des hygienischen Interesses weit überschritten.

Aufgabe des vorliegenden Abschnitts ist es nun, alle diejenigen Fermente und Mikroparasiten, welche in der menschlichen Umgebung verbreitet sind und direct oder indirect das hygienische Interesse erwecken, unter einheitlichen Gesichtspunkten zusammenzustellen und ihre Formen und Wirkungen zu schildern. Da indessen die Beziehungen der einzelnen Theile der menschlichen Umgebung zu den Mikroorganismen — das Auftreten der letzteren in Luft, Boden, Wasser etc., das nähere Verhalten der eigentlichen Krankheitskeime — bereits in den speciellen Abschnitten dieses Handbuchs erörtert werden, so kann es sich hier nur um eine allgemeine Uebersicht handeln, welche vielfach detaillirtere Ausführungen vermissen lässt und betreffs dieser auf die Kapitel „Luft“, „Boden“, „Volkskrankheiten“ u. s. w. als nothwendige Ergänzungen verweisen muss.

Der Plan der Darstellung umfasst zunächst einen kurzen historischen Ueberblick über die Entwickelung der Lehre von den Fermenten und Parasiten in den letzten Jahrzehnten. Daran schliesst sich zweitens eine Beschreibung der Form und Entwickelung der hygienisch wichtigeren Mikroorganismen, eine kurze Morphologie und Systematik derselben, deren Kenntniss die unerlässliche Vorbedingung für jedes erfolgreiche Erforschen dieser schwer übersehbaren und schwer unterscheidbaren Lebewesen bildet. Drittens ist die Biologie der Mikroorganismen zu behandeln; die allgemeinen Lebensbedingungen derselben, ihre Lebensäusserungen und Wirkungen, die Vorgänge der Gährung und Fäulniss und die Krankheitserregung, endlich die Bedingungen des Absterbens und die desinficirenden, auf die Schwächung und Tödtung der Mikroorganismen abzielenden Mittel bilden den Inhalt dieses Capitels. Zum Schluss ist eine Uebersicht der Untersuchungsmethoden angefügt, welche sich bei der Durchforschung dieses schwierigsten Gebietes der Hygiene bewährt haben.

ERSTER ABSCHNITT.

Entwickelung der Lehre von den Fermenten und Mikroparasiten in den letzten Jahrzehnten.

Die erste sichere Beobachtung über die Existenz mikroskopisch kleiner lebender Wesen in unserer steten Umgebung rührt von EHRENBERG her, der im Wasser und im Staube zahlreiche Organismen fand und dieselben als „Infusionsthierchen" bezeichnete (1828). Acht Jahre später entdeckten dann CAGNIARD-LATOUR und SCHWANN (63, 64)[1]) die pflanzliche Natur der Hefe, nachdem die Zellenform derselben schon viel früher (zuerst von LEEUWENHOEK 1680) gesehen und ihre organisirte resp. pflanzliche Beschaffenheit von mehreren Forschern vermuthet war (THÉNARD, PERSOON). Von SCHWANN wurde weiter bereits im Jahre 1837 die stete Beladung der atmosphärischen Luft mit Gährungs- und Fäulnisskeimen, sowie das Abhängigkeitsverhältniss gewisser Gährungsprocesse von dem Zutritt lebender Gährungskeime durch Experimente behauptet (87).

Von da ab beginnt das dauernde rege Interesse für die Mikroorganismen, und zwar äussert sich dasselbe vorzugsweise nach zwei verschiedenen Richtungen hin: theils galt es fortan, die Beziehungen zwischen den Gährungskeimen und den Gährungs- und Fäulnissprocessen klar zu stellen; theils war man bestrebt, einen Causalnexus zwischen ähnlichen kleinsten lebenden Wesen und den Infectionskrankheiten des Menschen und der Thiere nachzuweisen, welchen nahe liegende Speculationen und Analogieschlüsse vermuthen liessen. Eine Orientirung über die zahlreichen, die Bedeutung der Mikroorganismen betreffenden Streitfragen ist nur möglich, wenn zunächst nach beiden Richtungen gesondert die allmählichen Fortschritte der Lehre von den Fermenten und Parasiten verfolgt werden.

I. Mikroorganismen als Erreger von Gährung und Fäulniss.

1. Allmähliche Entwickelung der vitalistischen Lehre.

Vor SCHWANN's Entdeckung wurde das Wesen der Gährung — und zwar hatte man dabei speciell stets die alkoholische, weinige Gährung im Auge, durch welche der Zucker in Alkohol und Kohlen-

---

3) Die Zahlen beziehen sich auf das vorstehende Literaturverzeichniss.

säure zerfällt — entweder so aufgefasst, dass die Summe der Hefezellen als poröser Körper wirkt, der leicht Sauerstoff condensirt, diesen auf andere Substanzen überträgt und dabei die Spaltung des Zuckers veranlasst (Braconnot 1831); oder man nahm an, dass die Hefe katalysirende Eigenschaft und damit die Fähigkeit besitze, gährungsfähige Substanzen zu zerlegen in derselben Weise, wie Wasserstoffsuperoxyd durch fein vertheiltes Platin etc. zerlegt wird. (Berzelius 1827). — Schwann stellte demgegenüber zuerst die vitalistische Theorie auf, indem er, auf Experimente gestützt, die Ursache der Weingährung darin sah, dass die Hefe den Zuckerlösungen die zu ihrem Wachsthum nöthigen Stoffe entzieht und dabei bewirkt, dass die nicht in die Hefe übergehenden Elemente sich vorzugsweise zu Alkohol verbinden. Die Versuche Schwann's wurden in den nächsten Jahren mehrfach wiederholt und ihre Resultate wurden bestätigt und erweitert; unter den nächsten Fortschritten sei nur des von Lüdersdorff gebrachten Nachweises erwähnt, dass zerriebene Hefezellen unwirksam sind und nur intacte Zellen Gährung veranlassen können; sowie der Beobachtung von Blondeau, dass verschieden verlaufende Gährungen durch verschiedenartige Mikroorganismen bewirkt werden (39, 41).

Der stricte Beweis der vitalistischen Theorie konnte indess nur durch eine Reihe von experimentellen Untersuchungen gegeben werden, die mit logischer Consequenz folgende Fragen zum Gegenstand haben mussten:

1. Zuvörderst musste gezeigt werden, dass in *allen* gährenden und faulenden Flüssigkeiten Keime gefunden werden. Dies wurde von sämmtlichen Forschern constatirt, die sich nach Schwann mit der Gährungsfrage beschäftigten, und gerade das *constante* Vorkommen bestimmter mikroskopischer Organismen bildete den Ausgangspunkt der vitalistischen Theorie. Die Thatsache selbst wurde auch von den Gegnern derselben weniger bestritten als ihre Deutung; erst in späteren Jahren wurden hier und da Beobachtungen veröffentlicht, welche die Existenz faulender und gährender Medien ohne Organismen behaupteten — Beobachtungen, welche weiter unten im Zusammenhange berücksichtigt werden müssen.

2. Aus dem constanten Nebeneinandersein von Fäulniss und Organismen folgte aber selbstverständlich nicht ohne weiteres die *causale* Rolle der letzteren; diese musste vielmehr durch besondere Experimente bewiesen werden. Man prüfte nun zunächst, wie sich *gährungsfähige* Substanzen *ohne* Organismen verhalten; und zwar suchte man zu dem Zweck die in den Substanzen selbst, in den Ge-

fässen u. s. w. etwa vorhandenen Keime zu tödten durch Hitze von mindestens 100° C.; sodann aber die Substanzen gegen Eindringen neuer Keime zu schützen durch geeignete Verschlussvorrichtungen oder dadurch, dass man die zutretende Luft mit Mitteln behandelte, welche eine Tödtung der Keime zu bewirken vermögen.

Auch die Versuche, welche sich mit diesen nächstliegenden Fragen beschäftigen, reichen bis in eine frühe Periode zurück. 1836 zeigte F. Schulze, dass in fäulnissfähigen Stoffen keine Zersetzung eintrat, wenn er dieselben kochte, dadurch etwa vorhandene Keime tödtete, und nun den Zutritt der Luft z. B. durch eine Oelschicht absperrte oder die zutretende Luft durch Schwefelsäure leitete, welche die Keime zurückhalten und vernichten musste. Ganz ähnliche Versuche stellt Schwann 1837 an; er befreite die zutretende Luft durch starkes Erhitzen von den Organismen. Später versuchten Schröder und v. Dusch die Fäulnisskeime der Luft einfach mechanisch zu entfernen, indem sie die Luft durch Baumwolle filtrirten; auch dies gelang vollständig, so dass mit Baumwolle verschlossene und mit gekochten fäulnissfähigen Stoffen gefüllte Gefässe keine Fäulniss entstehen liessen. Dasselbe Resultat erreichten Hoffmann, später Chevreuil und 1862 Pasteur dadurch, dass sie den ausgezogenen Hals des zum Fäulnissversuch bestimmten Gefässes mehrfach spitzwinklig krümmten. In allen hier aufgezählten Versuchen trat sofort Gährung oder Fäulniss auf, sobald die Zerstörung der zugeleiteten Keime unterblieb oder sobald der pilzdichte Verschluss der Gefässe aufgehoben wurde (85—89). — In ungeheuerem Maassstabe wurden später diese Experimente wiederholt bei der Conservirung der Nahrungsmittel; kaum ein biologischer Versuch ist so vielfach ausgeführt und hat ein so eindeutiges Resultat aufzuweisen: Behandelt man eine gährungsfähige Substanz mit Mitteln, welche vorhandene organisirte Keime zu zerstören geeignet sind, und behandelt man weiter die zutretende Luft und Alles, was mit den Substanzen weiterhin in Berührung kommt, in einer Weise, dass keine organisirte, lebende Keime hineingelangen können, so tritt keine Gährung, keine Fäulniss ein; unterlässt man irgend eine Vorsichtsmaassregel und gestattet den Zutritt von Keimen, so tritt Gährung ein. — Freilich hat es später, wie hier im Voraus bemerkt werden mag, auch bezüglich dieser Versuche und ihrer Resultate nicht an Widerspruch gefehlt. Einzelne Forscher behaupteten, trotz sorgfältigsten Abschlusses der gährungsfähigen Substanzen und trotz sicherer Tödtung der vorhandenen Keime doch Fäulniss und Gährung erhalten zu haben. Die betreffenden Versuche werden unten näher erörtert werden; doch sei gleich hier darauf aufmerk-

sam gemacht, wie leicht solche Resultate erhalten werden können, wenn eine der vielen nothwendigen Vorsichtsmaassregeln ausser Acht gelassen wird. Je geübter der Experimentator, um so seltener werden die Versuche fehlschlagen; je mehr die Praxis der Nahrungsmittelconservirung ausgebildet wird, um so sicherer gelingt die Herstellung durchweg fehlerfreier Präparate. Eine Reihe von Misserfolgen wird der beste Experimentator zu verzeichnen haben, wenn er anfängt, sich mit diesen Fragen zu beschäftigen, welche so zahlreiche Fehlerquellen einschliessen und so ungewöhnliche Vorsichtsmaassregeln erfordern. Gerade deshalb dürfen aber auch einzelne solcher widersprechender Versuche, in denen trotz scheinbar vollständigen Fernhaltens aller Keime dennoch Fäulniss oder Gährung eintrat, nicht zu einem Beweise gegen die vitalistische Theorie herangezogen werden.

Nimmt man einstweilen als Resultat der meisten und sorgfältigsten Conservirungsversuche an, dass bei Fernhaltung der Organismen Fäulniss und Gährung in gährungsfähigen Substanzen ausbleibt, und dass somit die Organismen eine causale Rolle bei den genannten Zersetzungsvorgängen spielen, so ist dann gleichzeitig eine andere alte Streitfrage zur Entscheidung gebracht, nämlich die über die Abiogenesis (Generatio aequivoca). Wenn jede Entwickelung von Organismen in Substraten, die unter gewöhnlichen Umständen den vorzüglichsten Boden zu ihrer Vermehrung bieten, ausbleibt, sobald der Zutritt lebender Organismen unmöglich gemacht ist; und wenn sich das regste Leben sogleich entwickelt, sobald nur die geringste Zahl lebender Organismen hineingelangt, so ist der Schluss berechtigt, dass die lebende Zelle nicht aus unorganisirter Substanz gebildet werden kann, sondern stets wieder einer anderen organisirten Zelle entstammt.

Die geschilderten Versuche liessen jedoch noch zwei stichhaltige Einwände zu; und diese erheischten eine weitere besondere Modification der Conservirungsexperimente, falls durch letztere die vitalistische Theorie der Gährung oder die Unwahrscheinlichkeit der Abiogenesis streng erwiesen werden sollte. Man konnte nämlich einigen Versuchsreihen gegenüber einwenden, dass der Sauerstoffmangel in den gekochten und luftdicht verschlossenen Gefässen die Entwickelung organischen Lebens hemme; aber diese Einrede wurde schon hinfällig, als die Versuche mit filtrirter Luft eine unverminderte Sauerstoffzufuhr gestatteten und dennoch die Entstehung von Organismen verhinderten. — Weit schwieriger war eine andere, unten ausführlicher zu erörternde Behauptung zu widerlegen: Man sagte, das Erhitzen der gährungsfähigen Substanzen, die als Versuchsobject dienen,

verändere diese in solcher Weise, dass keine Organismenbildung darin stattfinden könne; und ebenso würden nicht organisirte chemische Fermente, die in den Substanzen enthalten seien und deren Zersetzung auch ohne Organismen zu bewerkstelligen vermöchten, durch das Erhitzen zerstört und deshalb faulten diese Substanzen nicht. Diese Einrede veranlasste eine grosse Reihe neuer Conservirungsversuche, die mit nicht erhitzten und überhaupt ganz unveränderten organischen Stoffen angestellt wurden. Van den Broek, Pasteur, Rindfleisch, Lister und viele Andere, neuerdings namentlich Meissner (118), konnten die verschiedensten fäulnissfähigen Substanzen, wenn dieselben nur vorher nicht der Gefahr einer Verunreinigung durch Organismen ausgesetzt waren, in absolut reinen Gefässen und gegen das Eindringen neuer Keime geschützt, Jahre lang conserviren, ohne dass irgend welche Gährung oder Fäulniss eintrat; dies gelang z. B. mit Traubensaft, Eidotter, Blut, Milch, den verschiedensten thierischen Organen etc. — Diese Versuche, auf die später noch weiter einzugehen sein wird, und gegenüber denen solche Versuche, in welchen die Conservirung nach derselben Methode missglückt ist, selbstverständlich durchaus keine Beweiskraft haben, sind für die Frage nach der Abiogenesis und nach der Rolle der Organismen bei der Gährung und Fäulniss von entscheidender Wichtigkeit; erst auf Grund dieser Versuchsanordnung konnte mit vollem Recht behauptet werden, dass eine generatio aequivoca nicht stattfindet und dass ebensowenig Gährung oder Fäulniss ohne die Mitwirkung kleinster Organismen zu Stande kommt.

3) Sind Organismen die stete Ursache der Gährung und Fäulniss, so muss man Angesichts der Thatsache, dass fäulnissfähige Stoffe an jedem Ort und zu jeder Zeit in Zersetzung gerathen (sobald nicht besondere hindernde Massregeln angewendet werden), zu der Annahme kommen, dass niedere gährungserregende Organismen in grösster allgemeinster Verbreitung vorkommen und dass dadurch stets und überall Gelegenheit zu einer Inficirung fäulnissfähiger Objecte gegeben ist. Auf den Nachweis der Verbreitung organisirter Fermente in unserer steten Umgebung waren daher die ferneren Bemühungen der Anhänger der vitalistischen Theorie gerichtet. — Untersuchungen, die schon mit Ehrenberg beginnen und dann von Pouchet, Tyndall, Pasteur, Cohn (90, 91) fortgesetzt wurden, constatirten mit Sicherheit, dass die Luft stets Gährungs- und Fäulnisskeime enthält, dass der Staub zum Theil aus Mikroorganismen besteht, dass Wasser, Boden und unsere gesammte Umgebung überall mit diesen kleinsten Zellen verunreinigt ist. In späterer Zeit sind namentlich die Methoden der Aëroskopie ausgebildet, in der Meinung, dass gerade die Luft

hauptsächlich als Träger der Keime functionire und als das Medium in Betracht komme, welches am häufigsten zur Infection gährungsfähiger Substanzen führe. Neuere Untersuchungen (Sanderson, Rindfleisch, Cohn, Hiller) haben zwar dargethan, dass die Luft an den meisten Orten relativ wenig wirksame Keime enthält, und dass die Uebertragung der wirksamen Gährungserreger häufiger durch Berührung mit festen Gegenständen, mit Wasser u. dergl., die mit Keimen verunreinigt sind, erfolgt, als durch Vermittelung der Luft; aber durch diese Aenderung der Anschauungen über die Betheiligung der verschiedenen Medien an der Gährungserregung wird an der Lehre von der Panspermie, von der Allverbreitung der Keime in unserer Umgebung, nichts geändert.

4) Die causale Beziehung der Mikroorganismen zu Gährung und Fäulniss ist durch die bisher besprochenen Untersuchungen vollkommen sicher gestellt. Man hat in allen faulenden und gährenden Substanzen Organismen gefunden; man hat dieselben Organismen in weitester Verbreitung in unserer Umgebung constatirt; man hat weiter zeigen können, dass ohne diese Organismen, und zwar wenn man im Uebrigen die gährungsfähigen Substanzen völlig unverändert lässt und nur den Zutritt der Organismen verhindert, keine Gährung, keine Fäulniss eintritt; dass diese vielmehr erst erfolgt, wenn eine Berührung mit der verunreinigten Umgebung lebensfähige Keime hineingebracht hat. — Aber es fragt sich nun weiter, in welcher Weise man sich die Wirkung der Organismen auf die gährungsfähigen Substanzen vorzustellen hat. Hier sind offenbar verschiedene Möglichkeiten denkbar; und die vitalistische Theorie im engeren Sinne würde erst dann anerkannt werden müssen, wenn die Gährung und Fäulniss geradezu als vitaler Vorgang, als Lebensäusserung und Arbeitsleistung der ursächlichen Organismen nachgewiesen würde.

In der ersten Zeit nach Schwann's Entdeckung bildeten sich bereits bestimmte Anschauungen über den Wirkungsmodus der Organismen heraus. Schwann selbst behauptete, dass die Gährung durchaus dem Wachsthum der Hefe parallel gehe und dass die Gährung dadurch entstehe, dass die Hefepflanze dem Nährsubstrat gewisse zu ihrem Wachsthum nothwendige Stoffe entziehe und hierbei gleichzeitig eine Alkoholbildung aus den nicht für ihr Wachsthum brauchbaren Elementen veranlasse. Aehnliche, aber durchweg mehr speculative und nicht experimentell hinreichend begründete Anschauungen äusserten die nächsten Zeitgenossen Schwann's. Ihre eigentliche Ausbildung erhielt die vitalistische Lehre erst durch Pasteur. Allerdings ist es Pasteur nicht gelungen, von Anfang an

einen passenden und dauernd richtigen Ausdruck für den Hergang bei der Gährung zu finden, vielmehr haben die von ihm gelehrten Sätze im Laufe der Zeit und unter dem Einfluss weiterer Experimente und besserer Einsicht sehr bedeutende Modificationen erfahren; aber bei einer so complicirten und die Kräfte mehr als eines Forschers absorbirenden Frage war ein abgeschlossenes Urtheil von vornherein nicht möglich und nur eine zu zähe Consequenz würde der gedeihlichen Entwicklung der Erkenntniss geschadet haben.

Pasteur (34) stellte 1857 zunächst fest, dass die Gährung auf's innigste an das Leben und das Wachsthum der Hefezellen gebunden ist und daher als eine Arbeitsleistung der Hefezellen erscheint. Das Wachsthum der Hefe findet statt auf Kosten der Bestandtheile der Gährflüssigkeit; daher kann auch nicht aller Zucker in Alkohol und Kohlensäure zerlegt werden, sondern ein etwa 5 % betragender Bruchtheil wird zum Aufbau von Zellenbestandtheilen und zur Bildung von Nebenproducten verwandt; die gährungsfähigen Stoffe bilden die Nahrung der Hefe; diese verwendet einen Theil zur Bildung neuer Zellsubstanz; der andere ungleich grössere Theil erleidet in der Hefezelle eine Umwandlung in Alkohol und Kohlensäure. Da die Hefezellen auch aus stickstoffhaltiger Substanz und Mineralbestandtheilen bestehen, so nahm Pasteur an, dass Spuren beider Stoffe in den Gährungsflüssigkeiten vorhanden sein müssen, wenn die Hefe sich entwickeln und ihre Arbeitsleistung, die Zuckerzersetzung, liefern soll. Später fand Pasteur, dass die Hefe zwar auch in reinen stickstofffreien Zuckerlösungen sich entwickeln und Gährung hervorrufen kann; aber hier erfolgt die Weiterentwickelung dann auf Kosten eines Vorraths an stickstoffreicher Substanz, den frische Hefezellen zu enthalten pflegen. Ebenso scheinen alte, abgestorbene Hefezellen neues Nährmaterial für junge Zellen liefern zu können; und unter Umständen, wenn nämlich Hefe mit zuckerfreier Flüssigkeit angerührt wird, kann auch stickstofflose (Cellulose?) Substanz der alten Hefezellen die Rolle des Zuckers vertreten, Alkohol und Kohlensäure produciren und so eine Selbstvergährung der Hefe liefern.

Im Jahre 1860 zeigte dann Pasteur, dass die stickstoffhaltigen Nährstoffe der Hefe nicht aus eiweissartigen Substanzen zu bestehen brauchen, sondern dass Ammoniaksalzen die gleiche Bedeutung für den Stoffwechsel der Hefe zukommt. Solche Salze nebst den nothwendigen Mineralstoffen (die am einfachsten in Form von Hefeasche zugesetzt werden) und Zucker bilden die einzig nöthigen Ingredienzien zu einer Züchtungsflüssigkeit für Hefe, und in derartig zusammengesetzten einfachsten Lösungen geht die Gährung in ausgezeich-

neter Weise von statten. Die Versuche wurden von Cohn, Duclaux u. A. vollkommen bestätigt und sie lassen es als ganz unmöglich erscheinen, den Eiweissstoffen der Gährungsflüssigkeiten eine so wichtige Rolle bei dem Gährungsprocess zuzuschreiben, wie dies namentlich Liebig gethan hatte (s. unten).

Zur Erkenntniss des Stoffwechsels der Hefe war ferner eine Beobachtung über das Verhalten des Sauerstoffs sehr wichtig. Pasteur fand, dass die Gährungspilze bei ihrem Wachsthum in erheblicher Menge Sauerstoff aufnehmen und Kohlensäure ausscheiden; durch Schützenberger wurde dies bestätigt und weiter ausgeführt, dass um so mehr Sauerstoff verbraucht wird, je lebhafter die vegetative Thätigkeit der Hefezellen sich entfaltet. Mehrfache anderweite Untersuchungen gelangten zu ähnlichem Resultat (Traube, Brefeld), und damit schien das biologische Verhalten der Fermentorganismen klarer und die directe Abhängigkeit der Gährung von dem Stoffwechsel der Hefe sicherer gestellt zu sein.

Aber weitere Untersuchungen Pasteur's führten zu wesentlich anderen Ergebnissen. Er fand, dass bei Behinderung des Luftzutritts die Alkoholbildung in reichlichem Maasse vor sich geht, während bei Sauerstoffzufuhr nur wenig Zucker zerlegt wird. Bei anderen Gährungsprocessen, bei der Buttersäuregährung, bei der Fäulniss machte Pasteur dieselbe Beobachtung; nur bei Sauerstoffmangel trat lebhafte Gährung ein; Sauerstoffzufuhr zeigte sich dem Gährungsprocess geradezu feindlich, obwohl dabei Wachsthum und Vermehrung der Hefezellen stattfinden konnte. Einzelne Gährungs- und Fäulnisserreger schienen allerdings ohne freien Sauerstoff nicht existiren zu können; diese Organismen unterschied Pasteur als Aërobien von den Anaërobien, welche durch freien Sauerstoff getödtet werden oder doch nur bei Abwesenheit von Sauerstoff wirksam sind.

Der Sauerstoffmangel erschien Pasteur bald als die nothwendigste Bedingung der Gährung; er fasste denselben als geradezu unerlässlich für jede Gährung auf und formulirte seine Ansicht dahin, dass Gährung eintritt, sobald irgend eine lebende Zelle bei Sauerstoffabschluss zu vegetiren vermag, und dass überall, wo Gährung gefunden wird, auch Mangel an Sauerstoff vorhanden ist.

Spätere zahlreiche Beobachtungen haben erwiesen, dass die letztgenannten Pasteur'schen Resultate in der That richtig sind; die meisten (wenn nicht alle) Fermentorganismen können ohne freien Sauerstoff existiren und wachsen; und allen denjenigen Organismen, welche ohne Sauerstoff bestehen können, kommt die Eigenschaft der Gährungserregung zu. Aber — und darin weichen die neueren An-

schauungen von den PASTEUR'schen etwas ab — diese Organismen sind meist auch im Stande, bei Sauerstoffzufuhr fortzukommen; eine Tödtung durch Sauerstoff findet in den seltensten Fällen statt, und gewöhnlich geht das vegetative Leben und das Wachsthum sogar besonders günstig unter der Sauerstoffwirkung einher. Weiter haben die Untersuchungen von BÉRARD, BELLAMY, LECHARTIER, TRAUBE, BREFELD, MÜNTZ ergeben, dass es in der That eine weit verbreitete Eigenschaft der verschiedensten Pflanzenzellen ist, bei Sauerstoffabschluss Gährungsprodukte, namentlich Kohlensäure und Alkohol zu liefern; und dass es bei den specifischen Gährungserregern sich daher eigentlich nur um ein quantitativ abweichendes Verhalten gegenüber anderen organisirten Zellen und Zellcomplexen handelt (119—132). — Auf diese zur Zeit geltende Auffassung der Rolle des Sauerstoffs bei den Fermentwirkungen wird im 3. Abschnitt noch näher einzugehen sein.

Aus dem Vorstehenden ergiebt sich, dass über die nähere Art und Weise, in welcher die Zersetzung des gährungsfähigen Materials durch die Fermentorganismen vor sich geht, noch wenig Bestimmtes bekannt ist. Alle erwähnten Versuche zeigen zwar immer auf's Neue, dass eine innige Beziehung zwischen der lebenden Hefezelle und der Gährung besteht, und bilden weitere Stützen der vitalistischen Lehre; aber über den genaueren Vorgang bei der Gährungserregung lassen sich einstweilen nur Speculationen aufstellen. So nimmt PASTEUR an, dass die Hefezelle bei Sauerstoffmangel dem Zuckermolekül Sauerstoff entziehe und dadurch dessen Zerlegung veranlasse; eine andere Theorie vermuthet eine Nekrobiose der Zellmembran als eigentliche Ursache der Gährung (KARSTEN, HARZ); andere Forscher supponiren die Production eines chemisch wirksamen Ferments durch die lebenden Fermentorganismen (LIEBIG, HOPPE-SEYLER); NÄGELI endlich lehrt neuerdings, die Gährthätigkeit komme dadurch zu Stande, dass durch intramolekuläre Thätigkeit im Protoplasma Bewegungszustände geschaffen werden, die ausreichen, um ausserhalb der Zelle gelagerte Moleküle gährungsfähiger Stoffe in Mitschwingung zu versetzen und zu spalten. (Vgl. hierüber den 3. Abschnitt.)

5) Von grosser Bedeutung für die vitalistische Gährungslehre ist die Unterscheidung verschiedener und specifische Wirkungen hervorrufender Fermentorganismen. Zur Zeit der Begründung der vitalistischen Lehre war nur von organisirten Fermenten im Allgemeinen die Rede; man studirte den Verlauf und die Produkte der Gährung und Fäulniss unter wechselnden Verhältnissen, ohne dass man die Art der vorhandenen Gährungserreger näher berücksichtigte, und ohne

dass man sich darüber orientirte, ob eine bestimmte Gattung allein oder aber ein Gemenge verschiedener Pilze an der Zersetzung des gährungsfähigen Materials betheiligt war. Und doch war eine solche strenge Sonderung durchaus nothwendig, wenn die Lebensbedingungen der Organismen und die Beziehungen ihres Lebens und Stoffwechsels zu den Gährungserscheinungen genauer erkannt werden sollten. — Auch in dieser Richtung waren Pasteur's Arbeiten die eigentlich grundlegenden. Er unterschied zuerst mit aller Schärfe einen bestimmten Organismus, welcher Milchsäuregährung veranlasst, einen anderen, welcher Buttersäure liefert etc., und betonte die Nothwendigkeit weiterer Differenzirung. Die von Pasteur aufgestellten Merkmale mögen ungenügend, die unterschiedenen Organismen schlecht charakterisirt sein — jedenfalls findet unser heutiges complicirtes und eine Fülle von Arten umfassendes System von Fermentorganismen seine Anfänge in jenen Pasteur'schen Differenzirungen. — Auch diese Lehre von der Existenz verschiedener Mikroorganismen mit constanten Eigenschaften hat indess bis in die neueste Zeit lebhaften Widerspruch erfahren. Während einerseits durch Cohn, Fitz, Koch u. A. zahlreiche Beweise für die specifische Verschiedenheit der organisirten Fermente beigebracht sind, suchen Nägeli, Billroth, Wernich u. A. zu zeigen, dass constante Differenzen wenig oder gar nicht bestehen und dass die Beschaffenheit des Nährsubstrats und äussere Umstände fast ausschliesslich für die Qualität und Quantität der Fermentwirkung maassgebend sind, nicht aber die Form und die Herkunft der Organismen. Diese Frage hat sich gerade in der neueren Zeit am schärfsten zugespitzt und bildet den Angelpunkt der modernen mykologischen Forschung; dieselbe ist daher zweckmässig in einem späteren Kapitel im Zusammenhang mit den übrigen gegenwärtig discutirten Sätzen der Fermentlehre und namentlich mit besonderer Beziehung zu der parasitären, krankheitserregenden Rolle der Organismen zu erörtern.

2. *Einwände gegen die Grundlagen der vitalistischen Lehre.*

Im Vorstehenden ist die vitalistische Lehre in einem abgerundeten Zusammenhang dargestellt, der eine gleichmässige, von fundamentalen Einwänden und Angriffen kaum berührte Entwickelung vermuthen lässt. Eine solche hat aber thatsächlich keineswegs stattgefunden; vielmehr traten schon früh Gegner der neuen Lehre auf, welche mit vielem Scharfsinn alle schwachen Punkte derselben blosstellten und durch zahlreiche Experimente die einzelnen von Pasteur und seinen Anhängern aufgestellten Sätze zu widerlegen suchten.

— Die Einwände gingen namentlich aus von solchen Forschern, die eine mehr chemische Erklärung des Gährungsvorgangs suchten und in der vitalistischen Theorie nicht eine Aufhellung, sondern vielmehr eine Verdunkelung des zu enträthselnden Vorgangs sahen. Namentlich betheiligten sich Liebig, später Hoppe-Seyler an dieser Opposition; ihnen schlossen sich Colin, Billroth, Hiller, Fleck u. A. an.

Liebig hatte schon früh — im Jahre 1839 — Gährung und Fäulniss dadurch zu erklären versucht, dass in der Hefe lösliche Proteïnsubstanzen existiren sollten, welche durch ihren Zerfall die Zersetzung des Zuckers anregen, gerade so wie überhaupt zahlreiche bekannte chemische Körper, die im Zustand der Verbindung und Zersetzung begriffen sind, in anderen Körpern denselben Bewegungszustand der Atome zu erregen vermögen. Dieser Zerfall der löslichen Proteïnsubstanz ist dann selbstverständlich kein Lebensact der Hefezelle, sondern vielmehr ein correlatives Phänomen des Todes. Es ist eine bei vielen derartigen chemischen Actionen zu beobachtende Eigenthümlichkeit, dass relativ geringe Mengen des einen zerfallenden Körpers grosse Mengen des anderen Körpers zerlegen können; so z. B. führte Liebig die Zerlegung von Oxalsäure, Oxamid und Wasser an, bei der eine kleine Menge Oxalsäure für grosse Mengen Oxamid ausreicht; ferner wies er auf den ähnlichen Verlauf der Umsetzung hin, die bei der Zersetzung des Cyans durch Aldehyd bei Gegenwart von Wasser stattfindet. — Auch der Unterschied der Alkoholgährung und des Fäulnissprocesses lässt sich leicht auf diese Liebig'sche Auffassung begründen: bei der Fäulniss wird die Zerlegung durch das sich zersetzende, aus Albuminaten bestehende Fäulnissmaterial selbst übertragen, so dass die begonnene Fäulniss durch eigene Bewegung fortdauert, auch nachdem die erste, den Anstoss gebende Ursache unwirksam geworden ist; bei der Gährung dagegen vermag der Zucker (die hier in Zersetzung begriffene Substanz) seine Bewegung nicht zu übertragen und demgemäss ist eine fremde Ursache, ein Ferment, nicht nur zur Einleitung, sondern auch zur Unterhaltung der Bewegung nothwendig.

Offenbar war indess diese Liebig'sche Auffassung rein hypothetischer Natur; die zerfallende Proteïnverbindung, welche die Ursache der Gährung sein sollte, war keineswegs als wirklich vorhanden erwiesen; und es gelang später sogar, mit aller Sicherheit zu zeigen, dass die einzige experimentelle Stütze dieser Annahme — die reichliche, den Cellulosegehalt der Hefe weit übersteigende, und daher jedenfalls auf eine in den Zellen enthaltene zersetzliche Verbindung

zurückzuführende Alkoholbildung bei der Selbstvergährung der Hefe — auf unrichtigen Voraussetzungen und Versuchsfehlern beruht.[1]) Ausserdem aber war namentlich der Versuch, die Gährungserregung in einen gewissen Gegensatz zu den Lebensäusserungen der Hefe zu bringen, durch die zahlreichen Experimente unmöglich geworden, welche die directe Abhängigkeit des Gährungsprocesses von dem Leben der Hefezellen unwiderleglich erwiesen.

Unter dem Eindruck der letztgenannten Argumente modificirte Liebig 1870 seine Theorie dahin, dass die lebende Hefezelle die früher von ihm angenommene fermentartige Substanz enthalte und producire, und dass deshalb die Bildung des Ferments mit dem Leben der Zelle einhergehe. Der Gährungsact selbst beruhe aber somit auf einem nicht organisirten Ferment, und die Hefezelle leiste mit der Production des Ferments nichts anderes, als was zahlreiche andere Zellen ebenfalls leisten; so wie der Mensch diastatisches Ferment, Pepsin, Trypsin producirt, haben alle anderen Pflanzen und Thiere ihre Fermente; aber die Organismen sind darum nicht identisch mit diesen Fermenten und die Fermentwirkung ist nicht als directe Arbeitsleistung der Zellen aufzufassen. Gelingt es, die Fermente von den Zellen abzutrennen, so sind dann diese letzteren zur Einleitung und Unterhaltung der Gährungsprocesse überhaupt nicht mehr nöthig. In ähnlicher Form war diese Lehre schon 1858 von Traube ausgesprochen; und später (1876) wurde sie namentlich von Hoppe-Seyler vertheidigt. Dieselbe beruhte also zum Theil auf der Analogie der Gährungs- und Fäulnissprocesse mit den Spaltungen und Zersetzungen nicht organisirter Fermente und schien um so mehr Halt zu gewinnen, je zahlreichere und umfangreichere Zerlegungen organischer Substanz auf chemische, lösliche, nicht organisirte Fermente als einzige Ursache zurückgeführt werden konnten. Vor allem aber war es ausserdem zur Sicherung dieser Lehre erforderlich, die zahlreichen Beweise zu widerlegen, welche für die vitalistische Theorie von Pasteur und dessen Anhängern vorgebracht waren.

Diese Einwände, welche bald den Fundamenten der vitalistischen Lehre galten, bald nur auf einzelnen Punkten dieselbe angriffen, waren im wesentlichen folgende:

1) Es wurde behauptet, dass zahlreiche Gährungs- und Fäulnissprocesse ohne Gegenwart von Mikroorganismen auftreten. Um dies zu erweisen, beobachtete man entweder das Verhalten fäulnissfähiger Substanzen bei dichtem Verschluss, ferner bei Gegenwart von Mitteln

1) Nägeli, Theorie der Gährung. p. 3.

zur Tödtung der Organismen, endlich nach mechanischer Abtrennung der letzteren. — Im Innern von Leichen, im Inhalt angebrüteter, aber unverletzter Hühnereier, in abgestorbenen Leibesfrüchten der Menschen und der Thiere fand man oft intensive Fäulnisserscheinungen, ohne dass Mikroorganismen nachgewiesen werden konnten; ebenso wurde mehrfach Milchsäure-, Essigsäure- und Buttersäuregährung, scheinbar ohne Betheiligung von Organismen, beobachtet (Colin, Billroth, Hiller, Schröder, Hoppe-Seyler, Kühne). Zahlreiche Versuche wurden ferner von Hoppe-Seyler, Billroth, Tiegel, Servel, Paschutin, Sanderson, Nencki u. A. ausgeführt, bei denen fäulnissfähige Substanzen längere Zeit unter solchen Cautelen aufbewahrt wurden, dass ein Zutreten von Organismen voraussichtlich nicht stattfinden konnte. In vielen Fällen wurde dann trotzdem Fäulniss beobachtet, ohne dass überhaupt Mikroorganismen oder doch entsprechende Mengen derselben zu finden waren. Ebenso bemerkte man bei aufbewahrtem Harn alkalische Reaction und Beginn der Fäulniss ohne nachweisbare Organismenentwickelung (Colin, Billroth, Hiller u. A.) — Ferner wurde Tödtung der Mikroorganismen durch Hitzeeinwirkung oder durch mässigen Carbolzusatz (z. B. zum Harn 0,5 %, Hoppe-Seyler) versucht; trotzdem trat zuweilen Fäulniss ein, ohne dass Organismen aufgefunden wurden. — Endlich wurde eine Entfernung der Organismen aus faulenden oder gährenden Flüssigkeiten durch Filtration versucht; auch hier trat in mehreren Fällen Fäulniss oder Gährung der filtrirten, organismenfreien Flüssigkeit auf (Helmholtz 1843, Fleck u. A.).[1]

2) Es wurde behauptet, dass andererseits in zersetzungsfähigen Flüssigkeiten zahlreiche Mikroorganismen sich ansiedeln können, ohne dass Zersetzungserscheinungen eintreten. Solche Befunde hatte namentlich Hiller bei seinen Versuchen mit Harn zu verzeichnen; ferner wurden in thierischen, dem frisch getödteten Körper entnommenen Organen entwickelungsfähige Mikroorganismen constatirt, die demnach ohne lebhaftere Vermehrung und ohne Wirkungen irgend welcher Art im lebenden Körper existirt haben mussten.

3) Man schloss aus verschiedenen Versuchen, dass die Mikroorganismen keine Zersetzung der höchstconstituirten organischen Substanzen und namentlich der Eiweissstoffe einzuleiten vermögen. Sie scheinen vielmehr wie jede Pflanze ihr Protoplasma aus einfachsten organischen Verbindungen aufzubauen; in Eiweisslösungen, z. B. in Hühnereiern, ebenso im lebenden thierischen Gewebe können sie sich

1) Ueber die scheinbare Abiogenesis in gekochten Heuinfusen (Bastian, Huizinga) s. im folg. Abschnitt.

daher nicht vermehren, und dementsprechend eignen sich Eiweisslösungen nicht zu Culturflüssigkeiten für Mikroorganismen (Billroth, Hiller, Hoppe-Seyler, Paschutin u. A.).

Bestätigten sich die Resultate dieser verschiedenen Versuchsreihen, so war man allerdings zu der Annahme genöthigt, dass die Mikroorganismen keineswegs die primäre, unmittelbare Ursache der durch Gährung und Fäulniss bedingten Zersetzungen organischer Substanz sind; sondern dass zunächst eine Umwandlung der zersetzlichen Stoffe einzutreten pflegt durch in den Substanzen selbst enthaltene Ursachen — durch lösliche chemische Fermente; und dass erst dann, wenn die Substanz bis zu einem gewissen Grade verändert ist, eine Vermehrung derjenigen Organismen stattfindet, welche bei der weiten Verbreitung ihrer Keime selbstverständlich stets in die Substanzen hineingerathen sein werden; die Art und Beschaffenheit des zersetzlichen Substrats, und namentlich der ersten in demselben auftretenden Veränderungen bedingt dabei die besondere Art von Organismen, welche vorzugsweise zur Entwickelung kommt und gedeiht. Von da ab wirken dann gewöhnlich auch diese angesiedelten Organismen bei der Zersetzung der Substanz mit; aber sie sind auch für die weitere Zerlegung nicht unbedingt nothwendig und die Zersetzung geht keineswegs immer ihrer Entwickelung parallel.

Den nicht organisirten löslichen Fermenten wird demnach bei dieser Auffassung die weitaus wesentlichste Rolle zugeschrieben. Solcher Fermente hat man in letzter Zeit eine immer grössere Zahl kennen gelernt, und mit dieser Kenntniss schien die Wahrscheinlichkeit ihrer eingreifenderen Wirksamkeit auch bei den gewöhnlichen Gährungs- und Fäulnissprocessen zu wachsen. Die Wirkung der Diastase, des Emulsins, des Myrosins, des invertirenden Ferments der Hefe, die Ptyalin- und Pepsinwirkung, die energische zersetzende Thätigkeit des Pankreas und des aus diesem isolirten Trypsins boten die wichtigsten Analogieen und die Stütze der „chemischen“ Gährungstheorie.

So gewichtig aber auch die vorgebrachten Einwände gegen die vitalistische Lehre erscheinen, so entschieden sind dieselben zurückgewiesen und durch sorgfältigste Experimente in jeder Beziehung widerlegt. — Was zunächst das behauptete Auftreten von Fäulniss- und Gährungserscheinungen ohne Organismen betrifft, so kann nicht genug Gewicht auf den Hinweis gelegt werden, dass bei diesen Beobachtungen und Versuchen das der vitalistischen Theorie ungünstige Re-

sultat immer zusammenfällt mit etwaigen Fehlern der Versuchsanordnung oder mit Ungenauigkeiten der Beobachtung. Es ist unter Umständen eine schwierige Aufgabe, in einer eiweisshaltigen, längere Zeit gefaulten Flüssigkeit die — vielleicht auch degenerirten und veränderten — Mikroorganismen zu erkennen, und es erscheint jedenfalls als unerlässlich, dabei stets die besonderen, in der Neuzeit ausgebildeten Methoden, wie Trocknen, Färben etc., anzuwenden; geschieht das nicht und findet man keine Organismen, so ist damit gewiss nicht erwiesen, dass wirklich keine Organismen vorhanden sind; aber trotzdem hat man aus dem negativen Resultat eine Handhabe gegen die vitalistische Theorie gemacht. — Noch schwieriger ist es, tadellose Versuchsanordnungen zu treffen, durch die ein Hineingelangen von Organismen in zersetzungsfähige Substanzen sicher vermieden wird; erst grosse Uebung nach einer langen Reihe von Fehlversuchen pflegt erfahrungsgemäss dahin zu führen, dass eine solche Versuchsreihe mit gleichmässigem Resultat durchgeführt wird. Begnügt man sich mit einer kleineren Anzahl von Versuchen und beherrscht man die Methode nicht vollkommen, so werden zweifellos alle oder die meisten Präparate Organismen enthalten und Fäulniss oder Gährung zeigen; sieht man nun über die Fehlerquellen leicht hinweg, so ist wiederum mit jedem fehlerhaften Versuche für die Abiogenesis oder für die Annahme einer Fäulniss ohne Organismen Beweismaterial gewonnen. Es ist klar, dass auf derartige Resultate nur dann etwas zu geben ist, wenn dieselben in allen den Fällen, wo die nöthige Uebung des Experimentators in mykologischen Versuchen vorausgesetzt werden darf, eindeutig ausfallen. Nun ist aber im Gegentheil bekannt, dass mehrere Forscher, und in der Neuzeit namentlich Meissner, eine grosse Reihe von Resultaten erhalten haben, die durchaus der vitalistischen Theorie günstig sind; Substanzen zersetzlichster Art sind einfach durch consequenten Abschluss gegen Organismen Jahre lang unzersetzt conservirt; und ebenso ist es geübten Mikroskopikern noch stets geglückt, in faulenden Substanzen Organismen zu finden. Mit diesen gar nicht anzuzweifelnden Befunden ist die Beweiskraft der gegentheiligen Resultate selbstverständlich völlig erloschen, und man muss ihre Abweichungen auf Fehler der Methode und Beobachtung zurückführen.

Auch der zweite Einwand, dass Organismenentwickelung ohne Fäulniss eintreten könne, ist durchaus nicht beweisend. Derselbe datirt noch aus der Epoche, in welcher man von verschiedenen Formen und Wirkungen differenter Organismen wenig oder nichts wusste. Es gilt jetzt als selbstverständlich, dass nicht jeder Orga-

nismus in jedem Nährsubstrat die Möglichkeit zu lebhafter Entwickelung findet, und ferner, dass die Entwickelung bestimmter Organismen nicht nothwendig mit Entbindung stinkender Gase, kurz den gewöhnlichen Fäulnisssymptomen, einhergehen muss. Ein Befund von Organismen ohne begleitende Fäulnisserscheinungen hat daher nichts befremdendes und beweist nichts gegen die vitalistische Theorie.

Derselbe Mangel einer Specificirung hat zu dem dritten Einwande geführt, wonach Eiweissstoffe und intacte thierische Gewebe kein geeignetes Nährsubstrat für Organismen bilden sollten. Es ist noch letzthin von Rosenbach [1]) auf's deutlichste gezeigt, wie gewisse Spaltpilze mit grösster Energie Eiweissarten zersetzen, während andere nur langsam geringfügige Veränderungen hervorzubringen vermögen. Der Befund einer solchen geringfügigen Zersetzung von Albuminaten beweist daher keineswegs die Entbehrlichkeit der Mikroorganismen bei der Eiweisszersetzung durch Fäulniss.

Was endlich die Existenz und Wirkung löslicher chemischer Fermente betrifft, so ist dieselbe eine Thatsache, welche von den Anhängern der vitalistischen Theorie niemals bestritten wurde. Aber nichts berechtigt bisher, die eingreifenden Zersetzungen, welche organische Substanz bei der Gährung und Fäulniss erfährt, auf solche Fermente zurückzuführen; diese wirken vielmehr immer nur in einer bestimmten, begrenzten Weise und lassen sich in ihrem Effect meistens durch andere organische Contactsubstanzen ersetzen; sie zerlegen gewisse chemische Verbindungen in gleichmässiger und einfacher Weise; sie liefern keine Kohlensäure, und ihr Gesammteffect fällt also in jeder Beziehung anders aus, als wir es z. B. von einem Fäulnissferment erwarten müssten. — Eine genauere Analyse der Wirkung dieser nicht organisirten Fermente wird weiter unten auszuführen sein.

Einige geringfügigere Einwände der Anhänger einer „chemischen“ Theorie der Gährung und Fäulniss machen mehr den Eindruck einer allmählichen Annäherung an die vitalistische Lehre. So die Behauptung, dass die Fäulniss ein zu complicirter Vorgang sei, um durch die Wirkung eines Ferments erklärt zu werden; ferner dass der Wasserstoff, der sich nachweisbar bei vielen Fermentationen bildet (z. B. bei der Umwandlung von Milchsäure in Buttersäure, von Apfelsäure in Bernsteinsäure etc.), sich energisch an der Zersetzung der Substanz betheilige, indem er Reductionen oder, nach Zerreissung des Sauerstoffmoleküls, Oxydationen veranlasst. In demselben Sinne

1) Deutsche Zeitschr. f. Chirurgie, Bd. 16, p. 342.

ist es aufzufassen, wenn betont wird, dass neben den organisirten Fermenten doch jedenfalls auch chemische, lösliche Fermente in Action treten, und dass man zwei Arten von Fäulniss unterscheiden müsse, stinkende und nicht stinkende, von denen die erstere wesentlich oder ausschliesslich dem Einfluss chemischer Fermente zuzuschreiben sei (Hiller). — Alle diese Einwände berühren im Grunde die vitalistische Lehre gar nicht, da sie nichts dieser entgegengesetztes aussagen; auch unter der Annahme organisirter Fermente ist es nicht möglich, die sog. Fäulniss als einheitlichen, scharf definirbaren, constanten Vorgang und als Leistung eines einzelnen bestimmten Organismus anzusehen; sondern der Complex von Vorgängen, welcher gewöhnlich als Fäulniss zusammengefasst wird, ist sicher auf mehrere verschiedene Fermente zurückzuführen, deren Isolirung und Einzelfunction noch nicht sicher ermittelt ist. (Vgl. den 3. Abschnitt.)

Auch die letzte Modification der Liebig'schen Auffassung, dass die Gährung und Fäulniss von einem chemischen Ferment abhängig sei, das von den Mikroorganismen producirt wird und dessen Production an das Leben der Zellen gebunden ist, erscheint im Grunde nicht mehr als ein Einwand gegen die vitalistische Lehre, sondern als deren Anerkennung; in der unmittelbaren Abhängigkeit des Gährungsprocesses von dem Leben der Hefezelle stimmt diese Lehre vollständig mit der vitalistischen Theorie überein; sie sucht nur die Art und Weise näher zu definiren, durch welche die lebende Zelle die Spaltung der vergährenden oder faulenden Substanz bewirkt. Es wird später nochmals darauf zurückzukommen sein, welche Speculationen in dieser Richtung möglich sind; dass aber speciell die Annahme einer Bildung von löslichem Ferment nicht über das Niveau der Speculation sich erhebt, geht schon daraus hervor, dass bisher von einer Isolirung und Abtrennung des vermutheten Ferments aus der Hefezelle noch nicht die Rede sein konnte und dass dies Misslingen dadurch entschuldigt wird, dass eben das Ferment mit dem Tode oder sogar schon mit der Störung des Lebens der Hefezelle sofort vernichtet werde.

Als Ergebniss der vorstehenden Betrachtung über die historische Entwickelung der Lehre von der Gährung und Fäulniss ist daher die vollkommene Sicherstellung der Thatsache zu bezeichnen, dass kleinste lebende Organismen die directe Ursache der gewöhnlich unter dem Namen Gährung und Fäulniss zusammengefassten Zersetzungsvorgänge sind, und dass eben diese Zersetzungsvorgänge im unmittelbarsten Abhängigkeitsverhältniss stehen zu den Lebensäusserungen jener Organismen.

II. Mikroorganismen als parasitäre Krankheitserreger.

Schon in einer frühen Epoche der wissenschaftlichen Beobachtung und Erforschung der Infectionskrankheiten taucht der Glaube auf, dass ein mit vitalen Eigenschaften begabtes Etwas, ein contagium animatum, die unmittelbare Ursache dieser verheerenden Krankheiten sei. Deutlich findet sich diese Ueberzeugung bei Hufeland ausgesprochen; doch knüpften sich zunächst an diesen leitenden Gedanken allerlei phantastische Vorstellungen über die nähere Beschaffenheit und die Wirkungsweise des fraglichen, mit Lebenseigenschaften begabten Etwas. Aber bald schält sich aus dem Gewirr derartiger Phantasieen die bestimmte Ansicht heraus, dass die Uebertragung der Infectionskrankheiten auf der Ansiedelung selbständiger kleinster Organismen beruhe (Kircher, Linné, Wichmann u. A.). In der That lag ja ein Zurückführen der charakteristischen Erscheinungen im Auftreten der Infectionskrankheiten auf solche Organismen, und eine gewisse Parallele dieser Krankheiten mit den ebenfalls auf Organismen zurückgeführten Gährungs- und Fäulnissprocessen ausserordentlich nahe. Das plötzliche Auftreten der Seuchen an verschiedenen, isolirten Orten, ihre relativ langsame Verbreitung und ihr oft zähes Haften innerhalb einer Lokalität musste den Gedanken an ein flüchtiges, gasförmiges Agens ausschliessen. Die Art der Uebertragung, die unbegrenzte Fortentwickelung des Infectionsstoffs durch eine grosse Reihe von Individuen hindurch; die theilweise Verschleppbarkeit des Infectionsstoffs auf weite Strecken, sein Haften an den heterogensten Objecten; ferner das Latenzstadium, der typische, cyclische Verlauf der Krankheit, die nachfolgende Immunität — wiesen mehr oder minder deutlich auf organisirte Krankheitserreger hin und fanden ihre Erklärung in dem Entwickelungsgange solcher vermutheter kleinster Lebewesen. Wie gern dabei eine Anlehnung an die Erscheinungen bei der Gährung und Fäulniss versucht wurde, geht schon daraus hervor, dass die ganze Klasse der Infectionskrankheiten von einigen Pathologen als „zymotische Krankheiten" bezeichnet wurden.

Freilich beruhten diese Anschauungen, die seit über 40 Jahren fortwährend an Terrain gewinnen, Anfangs nicht auf klarer Erkenntniss und entbehrten der experimentellen Begründung. Sie hatten nur Speculationen als Grundlage — aber diese Speculationen wurden mit solchem Scharfsinn und solcher Logik angestellt, dass sie fast zu denselben Resultaten gelangten, die 40 Jahre später durch umfangreiche experimentelle Forschungen festgestellt wurden. Namentlich war es Henle, der bereits im Jahre 1840 in seinen „pathologischen

Untersuchungen" und dann später 1853 in seinem „Handbuch der rationellen Pathologie" mit bewundernswerther Präcision das Verhältniss der Mikroorganismen zu den Infectionskrankheiten skizzirte, und die nähere Qualität, die Lebenseigenschaften und Wirkungen der Organismen, sowie die Abhängigkeit der einzelnen Phasen und Symptome der betreffenden Krankheiten von dem Verhalten der Organismen fast genau so definirte, wie dies nachträglich auf Grund directer Beobachtungen mit damals noch nicht gekannten optischen Hülfsmitteln und auf Grund zahlreicher Experimente geschah. Der maassgebende Einfluss, den die Henle'schen Darstellungen auf die weitere Entwickelung der Lehre von den parasitären Krankheitserregern gehabt haben, erfordert es, dass an dieser Stelle einige der wesentlichsten Anschauungen Henle's mit den eigenen Worten des Autors wiedergegeben werden:

„Ist durch eine zureichende Erfahrung erwiesen, dass zwischen gewissen Parasiten und gewissen Krankheitssymptomen eine wirkliche Beziehung besteht, so bleibt zu entscheiden, ob der Parasit die Ursache des Krankheitssymptoms sei, oder ob die krankhafte Veränderung den Parasiten gleichsam anziehe, indem sie ihm den Organismus wohnlich macht. So haben ja noch in unseren Tagen Manche die Krätzmilbe als ein Insect angesehen, welches gleichsam dem Krätzcontagium nachziehe und mit Vorliebe die krätzigen Körper aufsuche, etwa wie die Käsemilbe den faulenden Käse. Die Wahl zwischen jenen beiden Erklärungen ist nicht immer leicht zu treffen und wir begegnen an manchen Punkten einer ähnlichen Controverse, wie sie auf einem verwandten Gebiet, in Betreff der Gährung und Fäulniss, noch immer geführt wird. Den Ausschlag muss das Experiment geben. Wir sind zu dem Schluss gekommen, dass die weingeistige Gährung und die Fäulniss von den Pilzen und Infusorien, die in den gährenden und faulenden Substanzen sich entwickeln, eingeleitet und unterhalten werden, weil sich jene Processe in den geeigneten Flüssigkeiten jeden Augenblick vermittelst Uebertragung der Pilze und Infusorien in Gang bringen, sowie durch Ausschliessung der letzteren aufhalten lassen, und dies positive Resultat der an der eben erwähnten früheren Stelle aufgezählten Versuche kann weder damit entkräftet werden, dass wir die Art der Einwirkung der Pilze und Infusorien näher anzugeben nicht vermögen, noch auch damit, dass es andere Arten von Zersetzung organischer Materie giebt, welche ohne die Concurrenz lebender Thier- oder Pflanzenorganismen zu Stande zu kommen scheinen. So ist also auch der Parasit, dem wir auf einem kranken Körper begegnen, als Ursache derjenigen Krankheitserscheinungen zu betrachten, welche mit der Uebertragung des Parasiten hervorgerufen und mit der Entfernung desselben beseitigt werden. Lässt sich ausserdem noch nach dem gegenwärtigen Stand unseres physiologischen Wissens ein Zusammenhang nachweisen zwischen den Kräften und Lebensthätigkeiten des Parasiten und den Krankheitserscheinungen, welche sein Dasein verrathen, so werden wir das Resultat jener Versuche um so williger anerkennen.

Die Krankheiten, die ein Parasit erzeugt und die durch zufällige oder absichtliche Ueberpflanzung des Parasiten mitgetheilt werden, sind eben dadurch ansteckend oder contagiös; der specifische Parasit ist der Ansteckungsstoff oder das Contagium dieser Krankheiten. Zwar ist der Name und Begriff der Contagien ursprünglich nicht für diese klare Art von Mittheilung geschaffen, sondern für die Mittheilung gewisser Krankheiten durch eine räthselhafte und, wie man meinte, aus dem erkrankten Körper selbst producirte Materie, die man eher, insbesondere wegen ihrer im Verhältniss zur Menge des angewandten Stoffes mächtigen Wirkungen, den Giften an die Seite stellen zu müssen glaubte. Es ist deshalb von vielen Seiten eine förmliche Art von Verwahrung eingelegt worden gegen die Vermischung der durch Parasiten erzeugten und mittelst derselben übertragbaren Krankheitszustände mit den contagiösen Krankheiten der eben genannten mysteriösen Art. Dies ging so weit, dass man jede Krankheit, als deren Ursache bis dahin ein Contagium (im Sinne der Schule) gegolten hatte, aus der Reihe der contagiösen zu entfernen gebot, sobald eine sorgfältigere oder mit verbesserten Hülfsmitteln angestellte Untersuchung in dem Contagium ein belebtes, also parasitisches Wesen entdeckte. So bildete man sich ein, die Lehre von den contagiösen Krankheiten vor Verwirrung zu bewahren. Ich bin fest überzeugt, dass dies vielmehr der Weg ist, diese Lehre zu ewiger Dunkelheit zu verdammen. Es klingt freilich fremdartig, von achtbeinigen oder zweizölligen Contagien zu hören. Allein diejenigen, welche hieran Anstoss nehmen, sollten erwägen, dass diese Schwierigkeit eine freiwillig geschaffene ist, die ebenso freiwillig dadurch aus dem Wege geräumt werden kann, dass man die Bedeutung der Wörter dem erweiterten Inhalte unseres Wissens von den mit denselben zu bezeichnenden Dingen anpasst. Thatsächlich ist das Wort Contagium erfunden, um etwas Materielles zu bezeichnen, das, in oder auf einem lebenden Individuum bereitet, den Krankheitsprocess, welchen dies Individuum durchmacht, auf ein anderes Individuum überträgt. Damit ist zugleich die Contagion scharf von der einfachen Uebermittelung irgend welcher Krankheitsursache geschieden; denn das Strychnin, welches man etwa mittelst des Blutes eines vergifteten Thieres einem anderen Thiere injiciren würde, der Pfeil, welcher, nachdem er ein Individuum durchdrungen, noch ein zweites verwundet, die Wespe, welche sich von einem Körper entfernt, um noch einen zu stechen — alles dies sind keine in oder auf dem kranken Leibe bereitete Schädlichkeiten. Jenes Materielle nun erweist sich in einem Falle als ein Thier, welches auf dem Kranken gezeugt wurde, in einem anderen Falle als Samen einer Pflanze, die auf dem ansteckenden Individuum gewachsen ist; in vielen Fällen will es uns weder eine Form, noch auch nur eine besondere chemische Zusammensetzung offenbaren; es erscheint flüssig, luftförmig, unfassbar. Manche Contagien sind im Laufe der Zeiten aus der letzteren Kategorie in eine der ersten übergegangen. Macht es nicht den Eindruck einer sogenannten „guten Ausrede“, wenn man, nachdem man sich aufs Aeusserste gesträubt, in der Milbe das Contagium der Krätze zu erkennen, nunmehr, überführt, zu der Behauptung flüchtet, die Krätze sei nicht zu den contagiösen Krankheiten zu zählen? Man wird sich hüten müssen, das, was man von dem Contagium einer Krankheit

erfahren, ohne weitere Prüfung auf andere auszudehnen; man wird mit besonderer Vorsicht zu untersuchen haben, ob die parasitischen Bildungen, die sich im Laufe einer contagiösen Krankheit entwickeln, die wirklichen Ursachen der Krankheit oder nur zufällige Gäste des kranken Körpers sind. Aber es wäre ein Missgriff, wenn wir uns bei Erforschung der contagiösen Processe der Aufschlüsse begeben wollten, welche gerade aus den Krankheiten, deren Contagium genau und vollständig gekannt ist, zu gewinnen sind."

„Verfolgen wir die Miasma-Contagien in ihren Wirkungen auf den thierischen Organismus, so treffen wir bei manchen Verschiedenheiten im Einzelnen zuerst auf eine allgemeine und charakteristische Eigenschaft, welche nur der lebenden Materie zugeschrieben werden kann, das Vermögen nämlich, sich auf Kosten und durch Assimilation fremder organischer Substanz zu multipliciren. Den Schluss, welcher sich hieraus ergiebt, unterstützt die grosse Mehrzahl der miasmatisch-contagiösen Krankheiten durch ihren Verlauf. Sie gehören zu der Gruppe von Krankheiten, die ich wesentlich typische genannt habe, deren scharf begrenzte Stadien auf eine zeitlich gesetzmässige Entwickelung der Ursache deuten, wie sie nur im Reich des Lebendigen gefunden wird.

Zwar gilt von der Vermehrung der Contagien durch Assimilation dasselbe, was oben von den Eigenschaften der Ursache miasmatisch-contagiöser Krankheiten im Allgemeinen bemerkt wurde: streng beweisbar ist sie nur bei den impfbaren Krankheiten, wo sowohl die Stelle der Aufnahme, als das Quantum des aufgenommenen Stoffes genau bestimmt werden kann, und der Beweis wird um so unzulänglicher, je mehr in einer Epidemie die Zahl der durch Miasma erzeugten Fälle gegen die contagiös entstandenen überwiegt. Mit Wahrscheinlichkeit lässt sich indess die Vermehrung der Krankheitsursache am Orte der Epidemie annehmen, so oft die letztere aus kleinen Anfängen allmählich zu grösserer Ausdehnung gelangt.

Erst dadurch, dass ihre Entwickelung und Wiedererzeugung auf dem kranken Körper constatirt ist, rechtfertigt sich die Einreihung der Materie, welche epidemische Krankheiten erzeugt, unter den Begriff des Contagium, und hiermit sogleich springt die Analogie dieser Contagien mit Parasiten, die Analogie der miasmatisch-contagiösen Krankheiten mit den am Schlusse des vorigen Abschnittes abgehandelten Folgen der Niederlassung parasitischer Organismen auf lebenden Körpern in die Augen. Diese Analogie hat, wie ich oben erwähnte, darauf geführt, Parasiten als Ursache mancher vordem schlechthin sogenannten contagiösen Krankheiten zu entdecken. Eine Anzahl Krankheiten ist übrig geblieben, in deren Contagium sich nichts findet, was an die Formen bekannter Thier- und Pflanzenspecies erinnerte. Indess ist dies negative Resultat der Untersuchung nicht so sicher, dass dadurch die Zusammenstellung der Contagien mit jenen mikroskopischen Parasiten entschieden abgewiesen werden könnte. Es ist nicht nöthig, zu der Ausflucht zu greifen, dass die Organismen, die als Contagium wirken, für unsere optischen Hülfsmittel zu klein wären. Aber die kleinsten Thiere sind nur durch ihre Bewegungen, die niedersten Pflanzen nur in gewissen Entwickelungszuständen durch die Anordnung der Elementartheile von den Zellen, Kernen und Körn-

chen zu unterscheiden, die in so vielen Geweben und Excreten, namentlich auch im Eiter vorkommen. Die Kügelchen, aus welchen die Botrylis bassiana besteht, verhalten sich ganz wie Pigmentkügelchen und wie die Moleküle des Eiters. Es könnten also immer unter den Molekülen, die in jedem mikroskopischen Object wiederkehren, Körper von sehr verschiedener und von hoher Bedeutung versteckt sein. Es braucht kaum hinzugefügt zu werden, dass diese Reflexionen für jetzt nur zu einer hypothetischen Anschauung führen sollen, aber überflüssig sind sie nicht, selbst für die Fälle, wo man thierische oder pflanzliche Parasiten in dem Contagium entdeckt hat oder noch entdecken wird. Denn immer bleibt dann noch die Frage zu beantworten, ob der Parasit ein zufälliger Bewohner des Contagium und des kranken Körpers oder der wesentlich wirksame Bestandtheil des ersteren sei. Manches ist schon jetzt durch jene Vorstellung gewonnen, was, wenn sie selbst vielleicht nur einen Durchgangspunkt unserer Erkenntniss darstellen sollte, sich als dauernder Erwerb bewähren wird. An die Stelle der unverständlichen Ansicht, dass der erkrankte Leib oder die Krankheit Ansteckungsstoff bilde, ist die Einsicht getreten, dass die Bildung des Contagium ein Reproductionsprocess, die Krankheit Folge ist der Reproduction dieses Fremdartigen auf dem Organismus und auf dessen Kosten. Von diesem Standpunkte aus sind die Symptome der miasmatisch-contagiösen Krankheiten zu deuten."

„Wenn die Ursache der miasmatisch-contagiösen Krankheiten für eine mit individuellem Leben begabte Materie zu halten ist, die sich nach Art der Thiere und Pflanzen reproduciren, durch Assimilation organischer Stoffe vermehren kann und, parasitisch auf dem inficirten Körper wuchernd, die Symptome der besonderen Krankheit hervorruft: so entsteht die Frage, wie der bis jetzt noch ungesehene Leib dieses Parasiten beschaffen sei, dessen Lebensäusserungen sich so deutlich und verheerend zu erkennen geben. Es liegt in den Gesetzen der menschlichen Phantasie, dass man dem Contagium, wenn man es einmal für etwas Lebendiges hielt, eine von den Formen zuschreiben musste, welche die bekannte organische Welt unseren Sinnen darbietet; darum rieth man auf Insecten in der früheren kindlichen Zeit der Naturforschung, und als die mikroskopischen Thiere entdeckt waren, konnten mit noch besserem Recht die Infusorien beschuldigt werden, Contagium und Miasma zu sein. Jetzt, nach den Aufschlüssen über den Pilz der Muscardine und ähnlicher Krankheiten, liegt es noch näher, das Contagium sich mit einem vegetabilischen Leib zu denken, da die grosse Verbreitung, die rasche Vermehrung und die Lebenszähigkeit der niederen mikroskopischen Pflanzenwelt, sowie selbst die Art ihrer Einwirkung auf den Körper, den sie zur Keimstätte erwählt haben, in der That die merkwürdigsten Analogien mit dem Ansteckungsstoff der miasmatisch-contagiösen Krankheiten zeigt. Auch die Muscardine entsteht in stockendem Moos scheinbar selbständig, wie durch Miasma; unter Hitze und Trockenheit wird sie epidemisch und contagiös. Gegen die Abnahme der Epidemie mindert und verliert sich ihre Contagiosität. Strömungen der Luft tragen das Contagium auf weite Strecken umher, so dass die Krankheit an einem anderen Orte wieder mit einem Anschein einer miasmatischen auftreten kann. Das Contagium ist luftförmig und zugleich fix. Es behält im trockenen Zustand jahrelang seine Kraft. Ein

unwägbares und unmessbares Quantum desselben reicht hin, die Krankheit bis zur verheerendsten Epidemie zu entwickeln."

Thatsächliche Unterlagen für die Lehre von der Krankheitserzeugung durch Mikroorganismen wurden zunächst durch die Beobachtung einer Reihe von Pflanzen- und Insectenkrankheiten gewonnen. Schon 1835 stellte Bassi als Ursache der Muscardine, einer tödtlichen Krankheit der Seidenraupen, einen Pilz fest; andere Insectenkrankheiten wurden bald auf ähnliche Pilze mit aller Sicherheit zurückgeführt; ebenso wurden von Tulasne, de Bary und Kühn eine Reihe von verheerenden Krankheiten der Getreidearten, der Kartoffel etc. durch das Eindringen und den Parasitismus von Pilzen erklärt. — Auch bei höheren Thieren und beim Menschen glückte bald der positive Nachweis kleinster pflanzlicher Gebilde als Ursache gewisser Krankheiten. Abgesehen von zahlreichen Pilzfunden, die nicht sicher als Ursache der begleitenden Krankheiten constatirt werden konnten, liessen sich Favus, Soor und verschiedene Hautaffectionen auf den Einfluss parasitärer mikroskopischer Pilze zurückführen. Von ganz besonderer Bedeutung war aber die Entdeckung, dass die Milzbrandkrankheit charakterisirt ist durch das Auftreten kleinster stäbchenförmiger Organismen im Blut und dass sich diese Organismen experimentell als die Erreger des Milzbrandes erweisen lassen (Pollender 1855, Davaine 1863).

Einerseits das immer häufigere Auftreten schwerer Seuchen, die den Wunsch nach Lösung der ätiologischen Fragen dringender werden liessen; andererseits das Zusammenwirken der überzeugenden Deductionen Henle's, der zahlreichen Analogien bei Pflanzen- und Thierkrankheiten und der Auffindung des Milzbrandcontagiums — veranlassten nun zunächst eine Periode der Forschung, welche sich durch einen gewissen Uebereifer charakterisirt und mangelhaft bewiesene Entdeckungen in grosser Zahl zeitigt, durch welche der parasitären Lehre wirklicher Nutzen nicht gebracht wurde.

Namentlich war es Hallier, der als zu begeisterter Apostel der parasitären Theorie auftrat. Auf Grund zahlreicher Versuche behauptete er, dass die verschiedenen Mikroorganismen nur besondere, durch die äusseren Lebensbedingungen entstandene Vegetationsformen bekannter Schimmelpilze seien; dass diese Vegetationsformen allerlei Krankheiten erzeugen, dass man aber aus ihnen unter geeigneten Bedingungen stets wieder den zugehörigen Schimmelpilz züchten und auf diese Weise die eigentliche Ursache der Krankheit darlegen könne. Durch Untersuchung und Cultur der verschiedensten krankhaften Organe und Excrete erhielt Hallier eine Reihe verschiedener

Pilze, die er als Ursachen der Krankheiten proclamirte; und in kurzer Zeit waren Scharlach, Masern ebensowohl wie Cholera, Typhus und alle sonst interessirenden Krankheiten auf ihre vermeintliche Ursache zurückgeführt.

Der Rückschlag auf diese Periode der phantastischen Uebertreibungen war unausbleiblich. Pilzkenner wie de Bary zeigten, dass die Hallier'schen Untersuchungen ganz werthlos seien, weil sie mit völlig ungenügenden Vorsichtsmassregeln gegen das Eindringen beliebiger fremder Pilze angestellt wurden. Die Einwände de Bary's konnten nicht widerlegt werden, das Gebäude der Hallier'schen parasitären Krankheiten stürzte zusammen, und damit war zugleich der ganzen parasitären Lehre ein empfindlicher Stoss versetzt; noch bis auf den heutigen Tag finden sich Stimmen, welche durch die Beseitigung jener Irrthümer auch die Krankheitserregung durch Organismen überhaupt für widerlegt und unannehmbar geworden erachten.

Weitere positive Parasitenfunde jedoch, die in den nächsten Jahren von zahlreichen Forschern gemacht wurden, waren geeignet, das verlorene Vertrauen wiederherzustellen. Dieselben betrafen zunächst und vorzugsweise die Wundinfectionskrankheiten; Rindfleisch, Waldeyer und von Recklinghausen (1866, 1870) waren die Ersten, welche die Aufmerksamkeit auf die bei pyämischen Processen vorkommenden kleinsten Organismen lenkten; weitere derartige Beobachtungen wurden bei Erysipel, bei der Phlegmone, bei Diphtheritis, beim Puerperalfieber gemacht (Hüter, Orth, Oertel u. A.). Durch zahlreichste Experimente am Thier wurde die pathogene Natur der gefundenen Mikroorganismen bestätigt (Coze und Feltz, Davaine, Hüter, Eberth, Leber, Frisch, Klebs u. A. 207 ff.).

Von bedeutendstem Einfluss auf die Anerkennung der parasitären Theorie waren ferner die eclatanten Resultate der Lister'schen antiseptischen Wundbehandlung (27); hervorgegangen aus der bestimmten Tendenz, die Wirkung der infectiösen Organismen zu verhindern oder zu hemmen, und eben durch diese Berücksichtigung der organisirten Krankheitserreger von überraschenden Erfolgen begleitet, trug sie die Kenntniss und Würdigung der Mikroparasiten in die weitesten Kreise, und von Jahr zu Jahr minderte sich die Zahl der Skeptiker und Gegner. — Freilich bedingte es die Schwierigkeit des Untersuchungsobjects, welche nur langsamsten, dem lebhaften Streben nach rascher Aufklärung wenig genügenden Fortschritt ermöglichte, dass in der Folge noch oft die Grenzen der exacten Forschung überschritten und zu weitgehende Speculationen mit den Versuchsresul-

taten verknüpft wurden; es war natürlich und verzeihlich, dass zuweilen aus dem einfachen Vorkommen von Mikroorganismen in Leichentheilen oder in pathologischen Secreten Schlüsse auf den Ursprung der Krankheiten gezogen, und dass somit zuweilen fälschlich oder voreilig Organismen als Krankheitserreger proclamirt wurden (so in einigen Beobachtungen von KLEBS, in den neueren Funden PASTEUR's). Aber im Gegensatz dazu erkannten viele Forscher, dass vor Allem erst durch ein detaillirtes Studium der verschiedenen zur Beobachtung gelangenden Mikroorganismenformen, durch das Erforschen ihrer Lebensbedingungen und Lebensäusserungen, durch ausgebildete Methoden zu ihrer mikroskopischen Beobachtung und durch fehlerfreies Experimentiren am Thier die Unterlagen gewonnen werden müssen, auf denen eine genauere und sichere Einsicht in die Rolle der parasitären Krankheitserreger erwachsen kann. Und auf der Grundlage dieser Erkenntniss erstanden die neueren mykologischen Untersuchungsweisen; KLEBS' Methode der fractionirten Cultur der Organismen, COHN's systematische Züchtungen, KOCH's Methoden zur Reincultur und zur mikroskopischen Untersuchung, NÄGELI's Forschungen über Lebensbedingungen und Stoffwechsel der Organismen, BREFELD's Beiträge zur methodischen Untersuchung der Pilze mussten voraufgehen, ehe es gelingen konnte, zu exacten, eindeutigen Resultaten zu gelangen.

Die Einwände, welche gegen die parasitäre Theorie erhoben sind, stammen fast durchweg aus früherer Zeit und werden neuerdings kaum mehr gehört. Abgesehen von den Ansichten einiger hartnäckiger Gegner, die nur den abweichenden Resultaten ihrer eigenen Experimente glaubten, betrafen die gegen die neueren Arbeiten auf dem Gebiet der Parasitenlehre erhobenen Bedenken lediglich einzelne Fälle und specielle Krankheiten. So wurde namentlich lange versucht, die Mikroorganismen als Erreger der Wundinfectionskrankheiten zu leugnen, und es gelang auch, nachzuweisen, dass nach mechanischer Entfernung der Organismen aus infectiösen Flüssigkeiten das organismenfreie Filtrat pathogene Wirkung ausübe; aber genauere Versuche ergaben, dass diese Wirkung lediglich auf einer Intoxication, auf einem gelösten Gifte beruhe nud in keiner Weise mit der Infectionskrankheit zusammenfalle (PANUM, HILLER, KOCH u. A.) — Besondere Beachtung haben die abweichenden Resultate der BILLROTH'schen Untersuchungen gefunden; derselbe constatirte mehrfach bei subcutanen Eiterungen, ohne äussere Verletzung, Mikroorganismen; ebenso fand er letztere in lebenden Organen; er schloss daher, dass im Körper stets Keime enthalten sind, dass diese

aber nicht die Fähigkeit haben, sich im gesunden Körper zu entwickeln und die Gewebe des lebenden Körpers als Nährmaterial zu benutzen. Erst wenn durch Zersetzung ein „phlogistisches Zymoid" entstanden ist, das auch allein für sich Entzündungen veranlassen kann, ist Mikroorganismen Gelegenheit zur Entwickelung und Vermehrung gegeben; und unter geeigneten Verhältnissen können diese dann Träger und Vermehrer des zymoiden Körpers sein. (Ueber die Abstammung der betreffenden Organismen von einer Pflanze, Coccobacteria septica, s. unten.)

Die Widerlegung der Billroth'schen Einwendungen gelingt heute leicht. Zunächst weiss man, dass im normalen lebenden Organismus keine Bacterienkeime vorkommen, und dass reichliche Funde von Organismen im erkrankten lebenden Körper nur auf das Eindringen von aussen, auf eine Infection zurückzuführen sind. Immerhin könnte man indess Anstand nehmen, die an thierischen Organismen mit aller Sicherheit constatirte Thatsache des Freiseins von präexistirenden Keimen ohne weiteres auf den Menschen zu übertragen, und es müssen daher womöglich noch weitere experimentelle Belege zu Hülfe kommen, aus denen unwiderleglich hervorgeht, dass für gewisse Krankheiten Mikroorganismen die directe, einzige Ursache, und nicht etwa zufällige Begleiter anderer schädlicher Stoffe sind.

Dahin zielende Experimente stellte man früher wohl in der Weise an, dass man Impfungen mit infectiösen Substanzen versuchte, dabei aber die Organismen von anhaftenden anderen Stoffen zu befreien strebte, welche bezüglich der Krankheitserregung mit jenen etwa in Concurrenz treten konnten. Man suchte die Organismen zu isoliren durch Ueberschichten mit destillirtem Wasser, in welchem die Organismen zu Boden sinken sollten, oder durch Filtration; dabei aber war es immer fraglich, ob die etwaigen gelösten schädlichen Stoffe wirklich entfernt und ob andrerseits nicht die Organismen durch das Auswaschen und zu starke Exosmose geschädigt wurden. Auch eine Filtration im lebenden Körper, dadurch dass man das Verhalten des Fötus gegenüber dem inficirten mütterlichen Organismus studirte, führte nicht zum Ziele, da nur bei gewissen Krankheiten (Milzbrand) ein Freibleiben des Fötus constatirt wurde, während in anderen Fällen die Infection auf die Frucht übergriff.

Sodann suchte man durch Verdünnung des Infectionsmaterials zu einer Entscheidung zu gelangen, in der unzweifelhaft richtigen Voraussetzung, dass nur ein auf einem lebenden vermehrungsfähigen Organismus beruhendes Contagium in weitgehendster Weise verdünnt werden könne, ohne an Wirksamkeit zu verlieren. Eine solche Ver-

dünnung war im Grunde schon dann gegeben, wenn es gelang, von einem inficirten Thiere aus ein anderes, von diesem ein drittes und so fort durch eine ganze Reihe von Versuchsthieren mit der bestimmten Krankheit zu impfen; indess war hier immer noch der Einwand möglich, dass die Körperzellen sich vielleicht an der Regenerirung des Giftes betheiligen.

Dagegen muss jeder Zweifel über die krankheitserregende Eigenschaft der Mikroorganismen aufhören, nachdem in den letzten Jahren gezeigt ist, dass ausserhalb des Körpers die colossalste Verdünnung des Infectionsmaterials statthaben kann, ohne dass dasselbe an Wirksamkeit verliert. So konnte Koch infectiöses Blut direct so weit verdünnen, dass dem Versuchsthier nur 1 Milliontel Cubikcentimeter eingespritzt wurde; diese Menge hatte dann denselben Erfolg, erzeugte dieselbe typische, nach 18 Stunden tödtliche Krankheit wie die Injection unverdünnten Blutes. — Die Verdünnung kann aber, ohne den Erfolg zu schädigen, noch viel weiter getrieben werden, nach folgender Methode: Pasteur und Klebs haben zuerst gelehrt, die als pathogen verdächtigen Mikroorganismen auf künstlich hergerichtetem Nährmaterial zu züchten, dann nach dem Heranwachsen einer Cultur von dieser eine minimale Menge auf neues intactes Nährmaterial zu übertragen; von der dort entwickelten Colonie eine Spur auf einen dritten Nährboden zu impfen und so fort in „fractionirter Cultur“ den Mikroorganismus zu züchten. Koch hat neuerdings Methoden gefunden, mittelst deren solche Culturen sicher rein erhalten bleiben, ohne dass eine Verunreinigung von aussen hineingelangt. — Ist nun in solcher Weise ein Pilz durch 50 oder 100 Generationen hindurch gezüchtet, so enthält die letzte Generation selbstverständlich gar nichts mehr von den Stoffen, die den anfänglichen Mikroorganismen angehörten; es ist leicht zu berechnen, dass die Verdünnung nach Trilliontel zählen und schliesslich ins Unberechenbare gehen muss; ein ursprünglich beigemengter Giftstoff, und mag er noch so intensiv an Wirkung sein, kann in der letzten Cultur nicht mehr in merkbarer Menge vorhanden sein, sondern wenn mit dieser eine Infection erzeugt wird, so ist das nur dadurch möglich, dass die Mikroorganismen selbst, die sich auf Kosten des Nährmaterials immer wieder neu reproduciren, die wirksame Schädlichkeit ausmachen.

In der That gelingen nun die Impfungen mit der kleinsten Menge der hundertsten rein gezüchteten Cultur genau so gut wie mit dem ursprünglichen Material. Bei Milzbrand, bei verschiedenen Formen von Septicämie konnte Koch Reinculturen in beliebig langer Reihe fortführen; übertrug er eine Spur der letzten Züchtung auf ein Ver-

suchsthier, so trat nach dem typischen Incubationsstadium die entsprechende Krankheit mit allen ihren charakteristischen Symptomen auf; nach bestimmter Zeit erfolgte der Tod; das Sectionsergebniss war stets das gleiche; im Blut und in den Geweben fanden sich in enormer Zahl Organismen von der Gestalt und dem Verhalten der geimpften; und Spuren des organismenhaltigen Blutes etc. erzeugten, auf ein anderes Versuchsthier überimpft, in diesem dieselbe tödtliche Affection.

Für die genannten Krankheiten ist somit die causale Beziehung der Mikroorganismen vollkommen sicher erwiesen; und es liegt nahe, von jenen aus auf die mannigfachen anderen Infectionskrankheiten zu schliessen, die sich den erkannten Krankheiten ähnlich verhalten. Dennoch wird es zweckmässig und der Entwickelung der Lehre von den Mikroparasiten nur förderlich sein, wenn man in der Folge mit grösster Vorsicht zu Werke geht, Verallgemeinerungen vermeidet, und nur dann eine Krankheit als parasitäre proclamirt, wenn es gelingt, morphologisch gut charakterisirte Mikroorganismen aufzufinden, diese ferner in solcher Menge und Vertheilung nachzuweisen, dass alle Krankheitserscheinungen dadurch Erklärung finden, und dieselben wo möglich auf andere höhere Organismen derart zu übertragen, dass die geringste Menge wiederum das charakteristische Krankheitsbild hervorruft.

Das häufige Auftreten kleinster Organismen in der Rolle als parasitäre Krankheitserreger steht somit ausser Frage. Wenn jetzt noch unter denjenigen Forschern, welche sich um die Aetiologie der Infectionskrankheiten bemühen, Streitfragen zum Austrag kommen, so betreffen diese nicht mehr die Berechtigung der parasitären Theorie an sich, sondern speciellere Punkte: z. B. ob wir specifische Formen zu unterscheiden haben, die durch constante morphologische oder physiologische Eigenschaften ausgezeichnet sind, oder ob eine allmähliche Umwandlung der Organismen unter dem Einfluss äusserer Bedingungen vor sich geht — Fragen, welche in den folgenden Capiteln ausführlicher berührt werden müssen.

Aus der vorstehenden Uebersicht ergiebt sich, welch' bedeutendes und vielseitiges Interesse die Hygiene an den Mikroorganismen zu nehmen hat. Waren es doch die Vorgänge der Gährung und Fäulniss organischer Substanzen in unserer Umgebung, welche zuerst Unbehagen und Misstrauen erweckt und hygienische Bestrebungen ins Leben gerufen haben; und besteht doch die wesentlichste, wenn auch schwierigste Aufgabe für die hygienische Durchforschung

des Bodens, des Wassers, der Luft und der Wohnung in der Ermittelung derjenigen Umstände, welche die Entwickelung und Verbreitung von Krankheitserregern begünstigen können.

Die Lehre von diesen vielseitig interessanten Mikroorganismen in ihrer jetzigen Gestalt, soweit sie das gesammte Gebiet der Hygiene betrifft, bildet das Thema der folgenden Capitel, in welchen zunächst die Morphologie der bisher bekannten Mikroorganismen, dann die Lebenserscheinungen derselben, endlich die Methoden, welche zu ihrer Untersuchung dienen, erörtert werden sollen.

ZWEITER ABSCHNITT.

Morphologie und Systematik der Mikroorganismen.

Die Mikroorganismen, welche als Gährungs- oder Krankheitserreger in Betracht kommen, gehören fast durchweg zu den niederen Pilzen; einige Formen sind als niedere Algen zu bezeichnen oder sind in ihrer Zugehörigkeit zu der einen oder anderen Klasse zweifelhaft. Gewisse krankheiterregende Mikroorganismen sind vielleicht den mundlosen Monaden zuzurechnen, oder in keiner der jetzt üblichen Abtheilungen mit Sicherheit unterzubringen und daher einstweilen nur anhangsweise zu besprechen.

Im Wesentlichen handelt es sich nur um niedere Pilze und einige Algen, und es wird daher nächste Aufgabe sein, diejenigen Formen von Pilzen und Algen systematisch zusammenzustellen und zu beschreiben, welche hygienisches Interesse beanspruchen. — Als Grundlage der folgenden Darstellung wurde die vortreffliche Frank'sche Bearbeitung der Kryptogamen in Leunis' Synopsis der Pflanzenkunde, auf welche bezüglich aller weiteren Ausführungen hiermit verwiesen sei, benutzt; an verschiedenen Stellen ausserdem Rabenhorst's Kryptogamenflora, bearbeitet von Winter, 1. Lieferung, und Eidam's Mykologie (17).

Die Pilze und Algen bilden eine Unterabtheilung der Kryptogamen, der grossen Gruppe von Pflanzen, welche sich dadurch charakterisiren, dass sie keine Samen erzeugen, an welchen verschiedene den zukünftigen Pflanzentheilen entsprechende Theile unter-

scheidbar sind, sondern nur Sporen, d. h. sehr kleine Zellen, die häufig auch in Mehrzahl producirt werden, dann aber stets unter sich gleichartig sind; ferner zeichnen sie sich dadurch aus, dass ihnen die Blüthen fehlen, die bei den Phanerogamen zur Erzeugung des Samens dienen.

Unter den Kryptogamen unterscheidet man zwei grössere Klassen, die Thallophyten oder Laubpflanzen, und die stammbildenden Kryptogamen, Cryptogamae foliosae. Bei den ersteren weicht die Körperform durchaus ab von den für die echten Stämme charakteristischen Wachsthumsgesetzen; es wird ein Laub, Thallus, gebildet, das sich mit Stamm und Wurzeln der Phanerogamen gar nicht vergleichen lässt. Bei den stammbildenden Kryptogamen entsteht zwar zunächst ebenfalls ein thallusartiges Gebilde, der sogenannte Vorkeim; weiterhin aber differenziren sich Stengel, Blätter und meistens auch echte Wurzeln.

Bei jeder dieser Gruppen unterscheidet man fernere Unterabtheilungen, die in der folgenden Uebersicht zusammengestellt sind:

I. Thallophytae.

A. Mycetes, Pilze. Chlorophylllose Zellen; ernähren sich von vorgebildeten organischen Verbindungen; bewohnen in Zersetzung begriffene organische Substanzen oder schmarotzen auf lebenden Thieren und Pflanzen.

B. Algae, Algen. Chlorophyllhaltige Zellen; vermögen sich von anorganischen Stoffen zu nähren; leben meist im Wasser.

C. Lichenes, Flechten. Chlorophyllhaltige und chlorophylllose Zellen; können von anorganischen Stoffen sich nähren; leben meist an der Luft.

II. Cryptogamae foliosae.

A. Zellenpflanzen, moosartige Pflanzen. Auf dem Vorkeim entsteht sogleich die stammbildende Generation, die nur aus Zellen zusammengesetzt ist.

B. Gefässkryptogamen. Auf dem Vorkeime entstehen die Geschlechtsorgane, der Embryo wird zur stamm- und blattbildenden, Sporen erzeugenden Generation.

Dahin gehören: Farne, Natterzungen, Bärlappgewächse, Schachtelhalme, Wurzelfarne, Selaginellen.

I. Mycetes, Pilze.

Bei den Pilzen, deren Stellung im System der Pflanzen durch die vorstehende Uebersicht gekennzeichnet ist, unterscheidet man ausser den eigentlichen Pilzen noch Sprosspilze und Spaltpilze.

Die beiden letzteren Gruppen lassen sich nach dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse nur schwer in das System der übrigen Pflanzen einreihen und bilden vorläufig noch einen unvermittelten Anhang an die Pilze. Gerade in diese Gruppen gehören aber die hygienisch wichtigsten Formen und sie erfordern daher hier eine besonders eingehende Besprechung. Unter der enormen Formenmenge der eigentlichen Pilze sind es dagegen nur relativ wenige, die vom hygienischen Standpunkt Beachtung erfordern; und die folgende Uebersicht unterscheidet daher am zweckmässigsten 3 sonst nicht übliche Hauptabtheilungen: 1) die eigentlichen Pilze, von denen man diejenigen, welche vorzugsweise hygienisches Interesse beanspruchen, auch wohl unter dem gemeinsamen Namen der Schimmelpilze zusammengefasst hat; 2) die Sprosspilze; 3) die Spaltpilze.

A. *Die eigentlichen Pilze, Fungi.*

Die Pilze bestehen aus mikroskopisch kleinen Zellen, an denen eine Membran und ein protoplasmatischer Inhalt unterscheidbar ist. Die Zellmembran besteht aus einer der Cellulose nur ähnlichen, nicht mit derselben identischen Substanz, welche mit Jod keine Violettfärbung zeigt; im Protoplasma finden sich meist keine Zellkerne, ferner kein Stärkemehl und kein Chlorophyll; dagegen häufig Vacuolen, ferner Oeltropfen, verschiedene Farbstoffe, und zuweilen, namentlich auch auf der Aussenfläche der Zellwand in Gestalt kleiner Nadeln und Stacheln aufgelagert, Krystalle von oxalsaurem Kalk.

Das Wachsthum der Pilze erfolgt dadurch, dass sich die Zellen durch Spitzenwachsthum verlängern. Es entstehen dadurch regelmässig Fäden, Hyphae. Gewöhnlich wird die Hyphe durch Querscheidewände gegliedert; ausserdem sind die Fäden fast stets verzweigt dadurch, dass Aeste an irgend einer Stelle eines Gliedes abgehen, oder dass die Endzelle bei ihrem fortgesetzten Spitzenwachsthum sich dichotomisch theilt. Die Gesammtheit der vorhandenen Hyphen, mögen dieselben in geringer Zahl oder ganz vereinzelt, oder mögen sie zu massigen Körpern vereinigt sein, bezeichnet man als den Thallus der Pilze.

Am Thallus unterscheidet man das Mycelium und die Fruchtträger, sobald es zur Entwickelung der letzteren gekommen ist; bis dahin ist das Mycelium mit dem Thallus identisch und es bezeichnet daher die mehr oder minder verbreiteten und verzweigten Pilzfäden, die sich auf irgend einem organischen Substrat angesiedelt haben. Meistens entsteht durch gleichmässige Ausbreitung der Mycelfäden nach allen Richtungen und durch immer fortgesetzte Veräste-

lung ein flockiges Mycelium; zuweilen werden auch häutige parenchymartige Lager oder faserige Stränge durch zahlreiche Vereinigung von Pilzfäden gebildet. Unter besonderen Umständen nimmt das Mycel mancher Pilze die Form der sog. Sclerotien an, knollenähnlicher fleischiger Körper, die sich secundär aus einem gewöhnlichen Mycel entwickeln; sie lassen eine Rinden- und eine Marksubstanz unterscheiden, letztere aus verflochtenen Hyphen, erstere aus den fest verbundenen, mit dunkeler Membran versehenen Endzellen der Hyphen bestehend. Die Sclerotien sind als Ruheformen zu betrachten, bei denen nur nach längerer Zeit und nur in dauernd feuchter Umgebung ein Austreiben von Fruchtträgern stattfindet.

Mit grosser Energie vermögen die Pilzfäden des Myceliums in das als Nährboden dienende Substrat einzudringen. Bei todten Pflanzentheilen können die Hyphen die Zellmembranen durchdringen, indem die dem Spitzenwachsthum entgegenstehenden Membranmoleküle aufgelöst werden. Aber auch bei lebenden Pflanzen breiten sich schmarotzende Pilze nicht nur auf der Oberfläche aus, sondern sie lassen ihre Fäden zwischen die Zellen der Pflanze hineinwachsen und senden dann wohl kurze Ausstülpungen, sog. Haustorien, in das Innere der Zellen; oder sie durchdringen die Zellwände, wie bei abgestorbenen Pflanzentheilen. Ebenso leisten die thierischen Membranen dem Vordringen der wachsenden Hyphen mancher Pilze keinen merklichen Widerstand, und selbst Zähne und Knochen werden von Pilzfäden durchwuchert

Die Fortpflanzung der Pilze geschieht allgemein durch Sporen, d. h. Zellen, welche im Stande sind, in einen oder mehrere Keimschläuche auszuwachsen. In seltenen Fällen bilden einzelne Zellen des Myceliums selbst unmittelbar die Sporen; gewöhnlich aber wachsen aus dem Mycelium einzelne Hyphen hervor, welche schliesslich andere Gestalt- und Wachsthumsverhältnisse zeigen und Fruchthyphen oder Fruchtträger genannt werden. Lagern sich sehr zahlreiche Fruchthyphen zusammen, so entsteht ein sog. Fruchtkörper, wie er namentlich den höheren Pilzen zukommt. Die Art der Sporenbildung ist eine sehr verschiedene; und diese Differenzen der Fructification und der Fructificationsorgane sind deshalb von grosser Wichtigkeit, weil dieselben als Eintheilungsprincip für die zahlreichen Arten von Pilzen verwandt werden und dem gebräuchlichen System zu Grunde liegen.

Die 3 wesentlichsten Formen der Fortpflanzung sind folgende: Entweder bilden sich rundliche Sporenzellen an der Spitze des Fruchtträgers und werden dort einzeln oder in Reihen ab-

geschnürt, so dass nur eine Quertheilung der Endzelle der Fruchthyphe stattfindet; oder die Sporen bilden sich im Innern gewisser Zellen, die als Mutterzellen bezeichnet werden, aus dem plasmatischen Inhalt der letzteren und werden schliesslich durch Sprengen oder allmähliche Auflösung der Zellwand frei; oder endlich es tritt eine Art geschlechtlicher Befruchtung ein.

Schnüren sich die Sporen an der Spitze der Fruchtträger einfach ab, so nennt man diese Sporenträger Basidien; die so gebildeten Sporen heissen Basidiosporen oder Acrosporen. Auf dem Scheitel der Basidien stehen oft zunächst pfriemenförmige Ausstülpungen, Sterigmen, und erst auf diesen schnüren sich die Sporen ab; die so gebildeten Basidiosporen bezeichnet man häufig auch als Conidien. Bei einzelnen Pilzen kommen geschlossene, runde Fruchtbehälter, Spermogonien und Pycniden, vor, in deren Innern sich Basidien bilden, die Sporen abschnüren; letztere heissen dann Spermatien, resp. Stylosporen.

Die Mutterzellen, in denen sich theils durch Zerfallen des Plasmainhalts, theils durch Zelltheilung Sporen bilden, werden unter dem Namen „Sporangien" zusammengefasst; sind sie klein und enthalten nur wenig Sporen, so heissen sie Sporangiolen. Bei manchen Pilzen haben die Sporangien eine keulen- oder schlauchförmige Gestalt und bilden in ihrem Innern meist 8 Sporen; diese nennt man Asci oder Thecae und die gebildeten Sporen Ascosporen.

Häufig findet sich bei den Pilzen eine Art geschlechtlicher Befruchtung. Diese besteht entweder in der sog. Copulation: zwei Hyphen treiben je eine keulenförmige Aussackung, die sich von ihren Trägerzellen, den Suspensoren, abgrenzen, aneinanderwachsen und nach Resorption der Zwischenwand eine sog. Zygospore bilden. Meistens aber entsteht ein ausgeprägtes männliches und weibliches Geschlechtsorgan. Das weibliche sitzt als kugelförmig angeschwollene Zelle einem Mycelfaden auf und heisst Oogonium; das männliche, Antheridium, ist eine längliche oder keulig angeschwollene Zelle, die sich an das Oogonium anlegt und sich dann von seiner Hyphe abgrenzt; zuweilen treibt das Antheridium einen sog. Befruchtungsschlauch ins Innere des Oogoniums hinein. In letzterem bilden sich nach der Befruchtung die Oosporen, kugelige, mit Cellulosemembran versehene Zellen.

Sämmtliche Pilzsporen sind einfache, meist kugelige Zellen, an deren Membran man eine äussere, oft gefärbte Schicht, das Episporium, und eine innere, zartere, farblose Schicht, das Endosporium, unterscheidet; der Inhalt besteht aus Protoplasma und schliesst häufig

Oeltropfen ein. Das gemeinsame Kennzeichen der Sporen ist ihre Fähigkeit, in einen oder mehrere Keimschläuche auszuwachsen, aus welchen weiterhin die Mycelfäden sich entwickeln. Etwas abweichend verhalten sich nur die Schwärmsporen und Dauersporen. Die ersteren entstehen aus den Sporen gewisser Pilze und schlüpfen aus der berstenden Spore als nackte, mit Cilien versehene, bewegliche Zellen hervor. Nach einiger Zeit kommen sie meist zur Ruhe, umgeben sich mit einer Zellmembran und treiben dann wie andere Sporen einen Keimschlauch. — Unter Dauersporen versteht man solche Sporen, welche nicht sogleich nach ihrer Entstehung zu keimen vermögen, sondern erst einer längeren Ruhezeit, z. B. des ganzen Winters, bedürfen. Namentlich Zygosporen und Oosporen pflegen sich meistens als Dauersporen zu verhalten.

Die verschiedenen Arten der Fructificationsorgane kommen zuweilen auf ein und demselben Pilzthallus neben einander oder nach einander vor; der gleiche Pilz kann unter Umständen Basidiosporen und z. B. geschlechtlich erzeugte Sporen liefern; es findet also häufig eine Pleomorphie der Fructificationsorgane statt. Damit ist dann oft verbunden ein sog. Generationswechsel; der Thallus eines bestimmten Pilzes trägt dann zunächst nur eine Art von Fructificationsorgan; die so erzeugten Sporen wachsen zu einem Thallus heran, der aber vom ursprünglichen Thallus verschieden ist und eine andere Fructification hervorbringt, ja sogar oft nicht auf demselben Wirthe gedeiht (autöcische Pilze), sondern einer ganz anderen Nährpflanze zu seiner Entwickelung bedarf (heteröcische Pilze). Aus den auf dem zweiten Thallus hervorgegangenen Sporen entwickelt sich dann wieder das ursprüngliche Mycel mit seiner charakteristischen Fruchtform.

Die Verschiedenheiten des Mycels, besonders aber der Fructificationsorgane haben nun die Grundlage geliefert für die folgende systematische Eintheilung der Pilze. Man unterscheidet 5 Ordnungen:

1. Hypodermii. Das Mycelium ist parasitisch; die Fäden desselben haben Querscheidewände. Einzelne Zellen des Mycels oder Endzellen kurzer Mycelzweige werden unmittelbar zu den Sporen.
   Dahin gehören: *a*) *Ustilagineae*, *b*) *Protomycetes*, *c*) *Entomophthoreae*.
2. Phycomycetes. Mycel ohne Querscheidewände, bald parasitisch in Pflanzen, bald auf faulenden Substanzen. Meist deutliche Fruchthyphen; bei allen eine ungeschlechtliche Generation mit Bildung von Sporangien oder Acrosporen; bei vielen ausserdem eine Geschlechtsgeneration mit Oosporen oder Zygosporen.

Dahin gehören: *d) Chytridiaceae, e) Mucorineae, f) Saprolegniaceae, g) Peronosporeae.*

3. Ascomycetes. Mycel mit Querscheidewänden, entwickelt verschieden gestaltete Fruchtkörper, welche die Sporen in Ascis erzeugen. Als Vorläufer der Asci tragenden Fruchtkörper verschiedenartige andere Fruchtträger mit Acrosporen.

   h) Gymnoasci, i) Tuberaceae, k) Perisporiaceae, l) Pyrenomycetes, m) Discomycetes.

4. Basidiomycetes. Mycel mit Querwänden, entwickelt mannigfach gestaltete Fruchtträger, welche die Sporen auf Basidien abschnüren.

   n) Uredineae, o) Tremellini, p) Hymenomycetes, q) Gasteromycetes.

5. Myxomycetes. Die Sporen erzeugen bei der Keimung kein Mycelium, sondern Schwärmsporen, welche sich zu einem grösseren Protoplasmakörper, Plasmodium, vereinigen. Dieser verwandelt sich unmittelbar in einen Sporenbehälter, indem er bestimmte Gestalt annimmt, sich mit einer Zellhaut umgiebt und im Innern in eine grosse Anzahl Sporen zerfällt.

(Vgl. die Eintheilung Brefeld's weiter unten.)

Von den zahlreichen zu den aufgezählten Ordnungen gehörigen Familien, Gattungen und Arten sollen hier nur diejenigen aufgeführt und besprochen werden, denen entweder eine pathogene Wirkung auf den Menschen zukommt, oder welche in Thieren oder Pflanzen Krankheiten hervorzurufen vermögen und dann durch ihre, den menschlichen Parasiten analogen Eigenschaften interessiren; oder endlich solche, welche vielfach in der alltäglichen Umgebung des Menschen vorkommen, zur Zersetzung organischer Substanzen beitragen und sich häufig in den gewöhnlichsten Untersuchungsobjecten finden.

1. Hypodermii.

a) Ustilagineae, Brandpilze.

Schmarotzen auf Phanerogamen. Die feinen Mycelfäden wachsen zwischen den Pflanzenzellen und quer durch die letzteren. An einzelnen Stellen vermehren sich die Mycelhyphen massenhaft, gliedern sich und zerfallen unmittelbar zu Sporen, welche dann als dunkle Staubmassen die Stelle des zerstörten Gewebes einnehmen. Die Sporen sind einfache runde Zellen mit braungefärbter, glatter oder netzförmig gezeichneter Membran; sie keimen auf jedem feuchten Substrat, ihr Keimschlauch wird zu einem kurzen Faden (Promycelium), welcher sich in seitliche Glieder verzweigt. Diese Glieder bilden die sog. Sporidien, sie lösen sich vom Promycelium ab und

können sofort wieder in einen Keimschlauch auswachsen; letzterer vermag dann in die junge Keimpflanze einzudringen, indem er durch die Wand der Epidermiszellen in deren Innenraum hineinwächst und so die Nährpflanze mit der Brandkrankheit inficirt. — Die Erkennung der Brandkrankheit stützt sich hauptsächlich auf das Auftreten der dunklen, staubigen Sporenmassen, in welche der ergriffene Pflanzentheil (je nach der Brandpilzart bald Blüthe, bald Stengel und Blätter, bald Wurzel) zerfällt. Andauernde Feuchtigkeit ist für die Keimung der Sporen und das Eindringen der Keimschläuche in die Nährpflanze Bedingung. Die Verhütung der Krankheit gelingt durch Verminderung der Feuchtigkeit oder durch Desinfection der Saatkörner, z. B. mit Kupfervitriol. — Etwa 50 deutsche Arten. Die wichtigsten sind folgende:

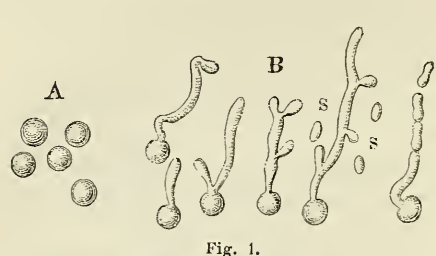


Fig. 1.
Ustilago carbo. Vergr. 400.
A. Reife Sporen.
B. Keimende Sporen, Promycelium u. Sporidien (*s*) bildend.

Ustilago carbo, Flugbrand, Staubbrand. Schwarzes Pulver in Aehren und Rispen des Weizens, der Gerste, des Hafers. Zur Zeit der Ernte ist die rasch zerfallende Brandmasse längst durch Wind und Regen entfernt, daher keine Verunreinigung des Mehls. Sporen braun, kugelrund (Fig. 1); Episporium glatt; Sporidien längliche Zellchen (Fig. 1, B). — Etwa 30 Arten.

Fig. 2.
Tilleta caries. Vergr. 400.
sp reife Spore.
p, *p* keimende Sporen; bei *a* die Sporidien im Beginne der Entwickelung; bei *s* fertig und paarweise copulirt.
x Keimschlauch einer Sporidie.
s' secundäre Sporidie.

Tilletia caries, Steinbrand, Schmierbrand. Schwarzbraunes, nach Häringslake stinkendes Pulver in den Körnern des Weizens und des Spelz. Die Körner zerfallen nicht, sondern bleiben geschlossen; daher die Brandmasse das Mehl verunreinigt und demselben einen widerlichen Geruch verleiht. — Sporen kugelig, blassbraun; Episporium mit stark ausgebildeten netzförmigen Verdickungen. Bei der Keimung bildet sich auf dem Ende des Pro-

mycels ein Quirl fadenförmiger Sporidien, welche in ihrer unteren Hälfte sich durch ein Querästchen paarweise copuliren und in dieser Verbindung abfallen; die Paare wachsen dann an irgend einem Punkte in einen fadenförmigen Keimschlauch aus, an welchem häufig Abschnürung secundärer Sporidien in Form länglich ovaler Zellchen stattfindet, die wieder auskeimen können (Fig. 2). — (10 deutsche Arten von Tilletia.)

Urocystis occulta, Roggenstengelbrand. Schwarzes Pulver, in sehr langen, anfangs grauen, später aufbrechenden Streifen in den Halmgliedern des Roggens enthalten; gewöhnlich tragen die ergriffenen Pflanzen keine körnerhaltigen Aehren. — Sporen aus mehreren Zellen zusammengesetzt; im Innern 1, 2 und mehrere grössere dunkelbraune Zellen, aussen am Rande mehrere flach halbkuglige farblose Zellen (Sporenballen 0,024 Mm.). Die Promycelien treiben wie bei Tilletia einen Quirl cylindrischer Sporidien, die aber meist, ohne zu copuliren, an ihrem unteren ansitzenden Ende sogleich in einen Keimschlauch auswachsen (Fig. 3).—(Lit. 171.)

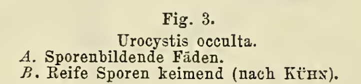


Fig. 3.
Urocystis occulta.
A. Sporenbildende Fäden.
B. Reife Sporen keimend (nach Kühn).

b) Protomycetes.

Schmarotzen auf verschiedenen Phanerogamen; ohne hygienisches Interesse.

c) Entomophthoreae.

Leben auf verschiedenen Insecten, werden ihren Wirthen tödtlich und erzeugen daher, indem sie sich durch ihre Sporen rasch verbreiten, ansteckende und epidemisch auftretende Krankheiten unter den Insecten. — (Lit. 184—190.)

Empusa muscae. Auf den Stubenfliegen. Die durch diesen Pilz getödteten Fliegen hängen mit ausgespreizten Beinen an den Wänden; am angeschwollenen Hinterleib treten zwischen den Segmenten 3 weisse Gürtel hervor (die Basidien); die Fliege ist von einem breiten weissen Staubhof umgeben, der aus fortgeschleuderten Sporen besteht. — Die Sporen (Durchm. 0,011 Mm.) keimen leicht auf der Bauchhaut gesunder Fliegen, treiben einen Keimschlauch, der unter die Haut eindringt und dort durch Sprossung kurze rund-

liche Zellen bildet, welche sich abtrennen und im Blute verbreiten (der Keimschlauch hat eine sehr empfindliche Membran, die sich in Wasser sofort auflöst, aber in Kochsalzlösung erhalten bleibt). Diese Zellen wachsen zuletzt zu schlauchförmigen Hyphen aus, deren eines Ende als keulenförmiges Basidium aus der Haut des Hinterleibs hervorkommt. Das obere Ende des Basidiums schickt sich dann zur Sporenbildung an, indem dort eine Aussackung entsteht, in welche Plasma überfliesst; diese Aussackung, die künftige Spore, wächst und gliedert sich schliesslich durch eine Scheidewand von der Basidie ab. In letzterer bilden sich dann grosse Vacuolen, sie nimmt immer mehr Feuchtigkeit auf und schwillt an; endlich platzt sie, und der herausspritzende Inhalt schleudert die Spore mit Gewalt fort. Der entleerte Schlauch schrumpft zusammen; an seine Stelle tritt ein neuer, an dem sich derselbe Vorgang wiederholt. So entsteht der staubartige Hof von Sporen um die Fliege herum. Die rundlichen Sporen (Fig. 4) sind von einem Plasmamantel umgeben, der das Anhaften an dem Leibe einer anderen Fliege begünstigt.

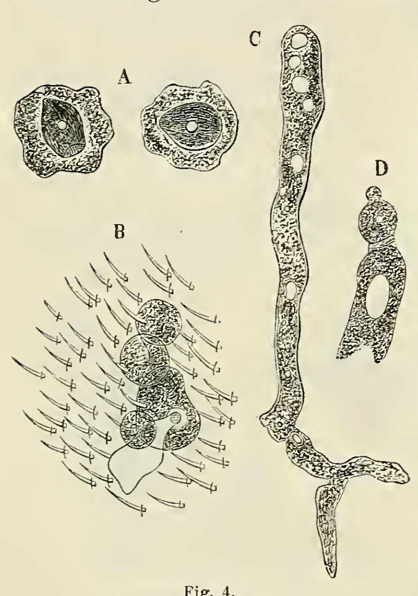


Fig. 4.
Empusa muscae. 300:1.
A. Reife Sporen, von ausgespritztem Protoplasma umgeben.
B. Ein Stück Fliegenhaut mit keimender Spore.
C. Eine im Innern des Leibes gebildete Hyphe, deren keuliges Ende zur Basidie wird.
D. Stück eines solchen Fadens mit bereits abgegrenzter Spore. (Nach Brefeld.)

Empusa radicans. In den Raupen des Kohlweisslings. Die Sporen treiben lange Keimschläuche durch die durchsichtige Haut, die Endzellen derselben verästeln sich und erfüllen den Körper der Raupe mit dichtem Fädengeflecht. Die Raupe ist dabei anfangs unruhig, später regungslos; während sie abstirbt, breitet sich das Mycel immer weiter aus, aber ohne dass das äussere Ansehen der Raupe sich verändert. Mehrere Tage nach dem Tode derselben brechen auf der Unterseite die Mycelenden durch und heften sich als massige Fruchtträger am Boden an; gleichzeitig zeigen sich auf der oberen Seite reich büschelig verästelte sporenbildende Schläuche, die spindelförmige Sporen in ganz ähnlicher Weise wie bei Empusa muscae fortschleudern. Bei Gegenwart von Wasser bilden die Sporen secundäre Sporidien, die ebenfalls

abgeschleudert werden. — Die Empusaarten können sich auf die verschiedensten anderen Insecten verbreiten (Fig. 5).

Tarichium megaspermum. In den Raupen der Wintersaateule beobachtet. Mycelfäden einzellig, farblos; Sporen auf kurzen Stielen an den Seiten und Enden der Mycelhyphen innerhalb des Thierkörpers; Sporen kuglig, schwarz, mit faltig verdicktem Episporium (Durchm. 0,05 Mm.).

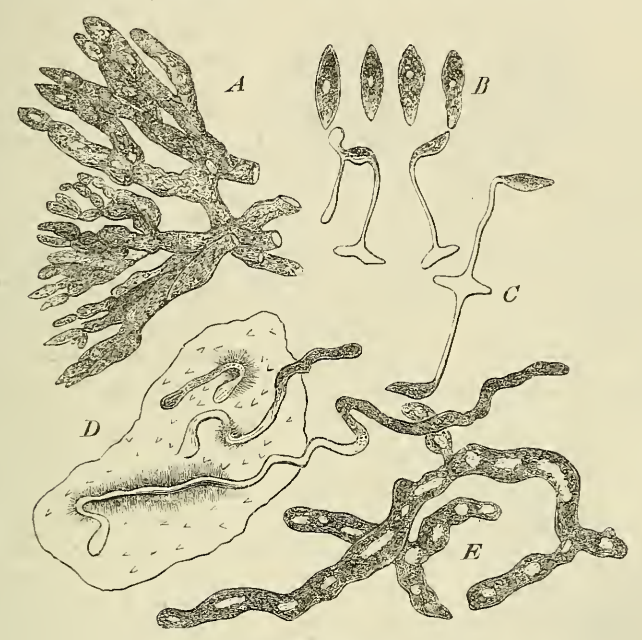


Fig. 5.
Empusa radicans.
A. Die Spitzen der fructificirenden Hyphen, Sporenbildend. 300:1.
B. Reife Sporen. 650:1.
C. Keimung der Sporen auf Wasser.
D. Hautstück einer inficirten Raupe mit keimenden Sporen.
E. Abgetrennte Aeste des Mycels, im Blut der Raupe schwimmend. 300:1.
(Nach Brefeld.)

2. Phycomycetes.

d) Chytridiaceae.

Schmarotzende einzellige Organismen, meist eine einfache bauchige Zelle darstellend; die Fructification besteht in der Bildung und Entlassung zahlreicher Schwärmsporen, welche auf einer Nährzelle wieder zu dem einzelligen Pilz auswachsen. Hauptsächlichste Gattungen: Synchytrium, in Epidermiszellen phanerogamer Landpflanzen schmarotzend; z. B. Taraxaci, orangerothe Pünktchen an beiden Blattflächen von Tarax. offic. bildend; S. aureum, als orangerothe Pünktchen auf Stengeln und Blättern von mehr als 70 verschiedenen Nährpflanzen beobachtet. — Chytridium, auf

Algenzellen im Wasser schmarotzend. — Phlyctidium, auf Algenzellen oder Infusorien, z. B. auf Euglena viridis.

e) *Saprolegniaceae.*

Farblose, meist ziemlich grosse Pilze, welche flockige oder fädige schleimige Massen im Wasser bilden, mit dem unteren Theile der schlauchförmigen Mycelien auf im Wasser faulenden Thier- und Pflanzenleichen festsitzen, zuweilen aber auch auf lebenden Thieren (Fischen) schmarotzen. Die Fortpflanzung geschieht durch Schwärmsporen; die cylindrischen oder keulenförmigen Mutterzellen derselben, die sog. Zoosporangien, sind abgegrenzte Zellen, auf den Enden der schlauchförmigen Mycelien; ihr Protoplasma theilt sich in eine grosse Anzahl Schwärmsporen. Letztere treten meist durch Aufreissen des Sporangiums als rundliche bis ovale nackte Körperchen hervor, im Innern meist mit einer Vacuole und mit zwei nach vorn und hinten gerichteten, lebhaft schwingenden Cilien an der Seite. Nach kurzer Zeit setzen sich die Zoosporen fest, umgeben sich mit einer Zellhaut und treiben dann unmittelbar einen Keimschlauch, der zum neuen Mycel heranwächst. — Ausserdem kommt aber den Saprolegniaceen auch eine geschlechtliche Fructification zu. Auf einem kurzen Seitenzweige des Mycelschlauchs entsteht eine kuglig angeschwollene Zelle, das Oogonium; aus demselben Zweige entspringen dünne Fäden, die Antheridien; letztere treiben an niedrigen Warzen des Oogoniums, die sich als helle Stellen markiren und Copulationswarzen genannt werden, Befruchtungsschläuche ein (Fig. 6). Die darauf entstehenden Oosporen besitzen im reifen Zustande eine mässig dicke Membran; sie keimen erst nach längerer Ruhe und bilden dann ein Mycel, an welchem wiederum zunächst Zoosporenbildung und dann geschlechtliche Fructifi-

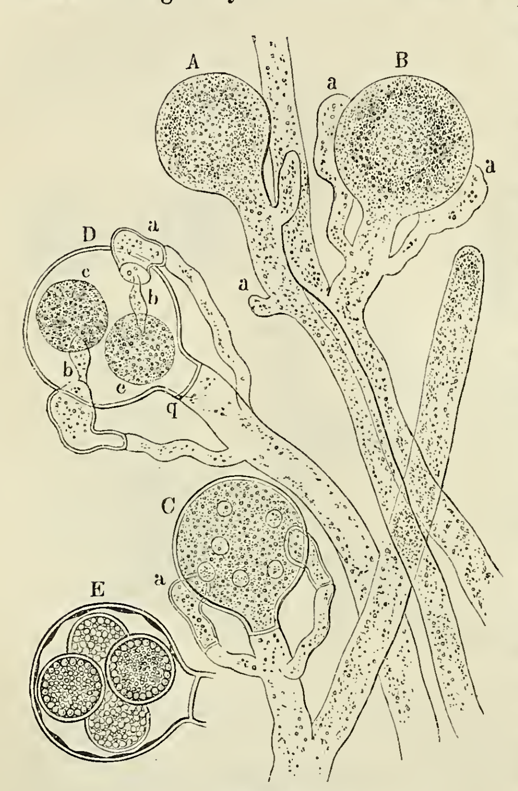


Fig. 6.
Schläuche einer Achlya mit Geschlechtsorganen.
A. und *B.* junge Oogonien mit entstehenden Nebenästen *aaa.*
C. Reifes Oogonium mit Copulationswarzen; die Nebenfäden tragen reiche Antheridien.
D. Oogonium mit 2 Befruchtungskugeln *ee*; *bb* Befruchtungsschläuche.
E. Oogonium mit reifen Oosporen. 550:1. (Nach Sachs.)

cation auftritt. — Die wichtigsten Gattungen sind folgende; Leptomitus, lange farblose Pilze (Fäden i. M. 0,01 Mm. dick); in Flüssigkeiten, in denen organische Verbindungen sich zersetzen, in Gräben, Wasserleitungsröhren oft in massenhafter Entwickelung. — Saprolegnia, zarte farblose Fäden; wachsen auf im Wasser liegenden Thier- und Pflanzentheilen, von deren Oberfläche sie strahlig abstehen. Wächst auch auf lebenden Fischen und Tritonen, bedingt bei diesen eine Störung der Hautthätigkeit und afficirt die Kiemen, so dass die Thiere langsam zu Grunde gehen. — Achlya, auf im Wasser faulenden Insecten, Schläuche von 0,025—0,07 Mm. Dicke.

f) Peronosporeae.

Parasiten in lebenden Pflanzen; das zwischen den Zellen befindliche Mycel treibt zuweilen Haustorien in den Zellenraum. Alle besitzen eine ungeschlechtliche Fructification, indem Fruchthyphen an die Oberfläche des Pflanzentheils hervortreten und Conidien abschnüren. Die reifen Conidien sind sogleich fähig zu keimen, und zwar indem sie direct in einen Keimschlauch auswachsen oder indem ihr Inhalt sich in eine Anzahl Portionen sondert, welche sich zu Schwärmsporen ausbilden; diese keimen schliesslich wie die anderen Sporen. Die Keimschläuche entwickeln sich nur dann weiter zum Mycel, wenn sie Gelegenheit finden, in eine Nährpflanze einzudringen. — Manche Peronosporeen besitzen ausserdem noch eine geschlechtliche Fructification; im Innern der befallenen Pflanzentheile bildet sich Oogonium, Antheridium und schliesslich die Oospore, die als Dauerspore fungirt und deren Keimung erst im nächsten Frühjahr erfolgt, wenn die Sporen durch Verwesung der Nährpflanze frei geworden sind. — (Lit. 166—168.)

Gattung Peronospora; etwa 40 Arten, auf den verschiedensten Phanerogamen; meist in grünen Theilen, die Conidienträger vorzüglich auf der unteren Seite der Blätter. Die befallenen Theile färben sich vor der Zeit gelb oder braun und sterben ab; die Conidienträger erscheinen auf ihnen wie ein feiner, grauer, schimmelartiger Ueberzug. Peronospora infestans, Pilz der Kartoffelkrankheit. Mycelschläuche 0,005 Mm. dick, ohne Haustorien; Conidienträger mit 1—5 abstehenden, nach oben verdünnten Zweigen und ellipsoidischen oder eiförmigen Conidien (Fig. 7).

Seit 1830 in Deutschland bekannt, von 1845—1850 von verheerender Wirkung; seitdem nur bei grösserer Feuchtigkeit. Von Ende Juni an treten braune Flecken auf den Blättern auf, deren Unterseite den schimmelartigen Saum der Conidienträger zeigt; bald stirbt das ganze Kraut ab. Darauf folgt oft noch eine Fäule der Knollen; schmutzigbraune Flecken zeigen die Entwickelung des Mycels an. Auf den getödteten Knollen entwickeln sich häufig zwei Arten von Schimmelpilzen: Fusisporium solani und Acrostalagmus cinnabarinus, die aber nichts mit der

Krankheit zu thun haben. — Der infectiöse Pilz überwintert in den Knollen, kommt mit dem Saatgut auf die Aecker und entwickelt sich vorzugsweise bei hochgradiger Feuchtigkeit; nur junge Theile mit zarten Membranen lassen die Keimschläuche eindringen. Desinfectionsversuche waren bisher vergeblich; wohl aber kann man die locale Disposition beeinflussen durch Vermeidung der Feuchtigkeit, ferner die individuelle Disposition durch Auswahl resistenter derbwandiger Sorten von Kartoffeln, endlich die zeitliche Disposition dadurch, dass man das Saatgut trocken aufbewahrt und spät legt, und so also langsame Entwickelung des Pilzes und rasches Wachsthum der Kartoffel veranlasst. — Andere Arten von Peronospora an Leguminosen, Klee, Weinstock, Blättern der Runkelrübe etc. — Gattung Cystopus. Lager von kurzen keulenförmigen Hyphen, die perlschnurartig Conidien abschnüren; Oosporen. Sechs Arten an Cruciferen, am Leindotter und Meerrettig.

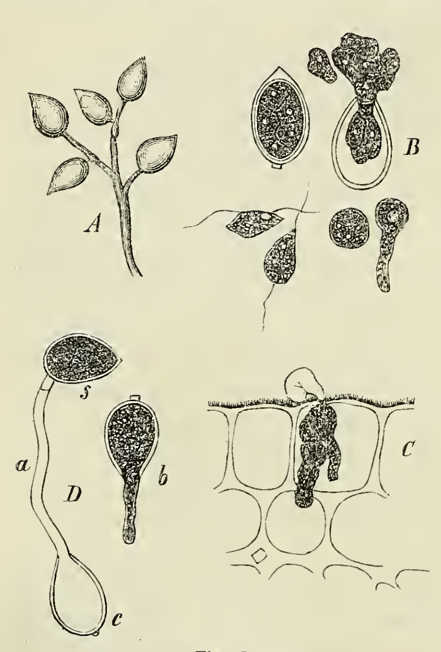


Fig. 7.
Peronospora infestans.
A. Junger Zweig des Pilzes.
B. Schwärmsporenbildung.
C. Schwärmspore, welche sich durch die Epidermis eines Kartoffelstengels gebohrt hat.
D. *a.* Die Conidie c. bildet eine secundäre s.
b. Keimung einer Conidie. (Nach de Bary.)

g) Mucorineae.

Weissliche, graue oder braune Schimmelrasen, an der Luft auf faulenden Substanzen sich entwickelnd. Zartes Netz von feinen Mycelfäden; von diesen senkrecht aufsteigend die Fruchthyphen und an deren Spitze ein Sporangium, eine kugelförmige grosse Zelle, in welche das Ende der Hyphe als kuglige Columella sich vorwölbt. Das Protoplasma des Sporangiums zerfällt in eine grosse Anzahl von Sporen; die anfangs farblose, später meist schwarz gefärbte Membran des Sporangiums löst sich in Wasser auf. Viele bilden Zygosporen durch Copulation zweier Myceläste; die Mucorineen werden daher neuerdings vielfach als besondere Ordnung: Zygomycetes aufgeführt.

Gattung Pilobolus. Fruchthyphen blasig angeschwollen, bei der Reife platzend und das dunkel gefärbte Sporangium elastisch emporschleudernd. Grosse krystallinisch erscheinende Rasen auf Koth von Rindern, Pferden etc. Hyphen 1—2 Mm. hoch.

Gattung Mucor. Sporangien bleiben auf den Fruchthyphen und

entleeren dort die Sporen. 7 Arten. — Mucor mucedo. Fruchthyphen farblos, einfach oder verzweigt, 1—13 Cm. lang; Sporangien gelbbraun bis schwarz. Membran glatt oder eng mit Stacheln von oxalsaurem Kalk besetzt. (Fig. 8.) Sporen länglich (0,008 Mm. lang, 0,0037 Mm. breit). Sehr verbreitet auf allen möglichen stickstoffreichen Substraten. — Mucor racemosus. Viel zartere Fruchthyphen, höchstens 1,5 Cm. lang; Sporangien gelblich bis hellbraun; Sporen rundlich. Verbreitet auf kohlehydratreichen Substanzen. An alten Mycelien oder beim Keimen der Sporen unter Wasser bilden sich in den Hyphen sog. Gemmen oder Brutzellen, d. h. birnförmig angeschwollene Stellen, welche dicke Membranen und ein ölreiches Protoplasma erhalten. — Bei fortgesetzter Cultur in Flüssigkeiten, wenn das Medium mit CO_2 gesättigt ist, werden die Keimschläuche immer kürzer und zeigen hefeartige Sprossung; die kugligen Glieder werden als Kugel- oder Gliederhefe bezeichnet. Die so gebildeten Zellen nehmen den Charakter von Dauerzellen an, können aber durch Entfernung der Kohlensäure jederzeit zur Bildung normalen Mycels veranlasst werden. Die Kugelhefe vermag leicht Sauerstoffmangel im Nährmedium zu erzeugen und dann vorhandenen Zucker in Alkohol und Kohlensäure zu zerlegen (Brefeld).[1])

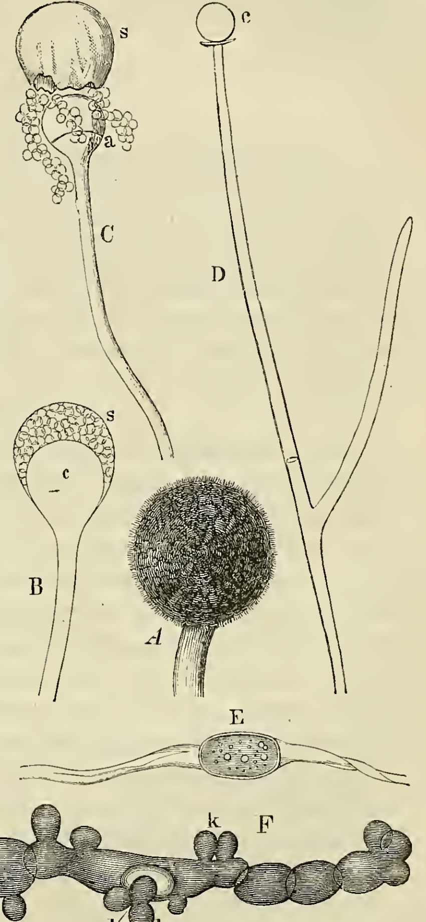


Fig. 8.
Mucor mucedo.
A. Reifes Sporangium. *B.* dasselbe, durchsichtig gedacht; *c* Columella, *s* der mit Sporen erfüllte Raum.
C. Nahezu reifes Sporangium, die Membran durch künstlichen Druck abgehoben.
D. Fruchthyphe mit der nackten Columella *c.* 70 : 1.
E. Ein alter Mycelfaden hat eine Gliederzelle entwickelt, die zu einer Gemme geworden ist. 350 : 1.
F. Spore von Mucor racemosus, in Zuckerlösung zu einem Keimschlauch gekeimt, welcher Kugelhefe (*k*) bildet. 350 : 1.

1) Lichtheim hat in neuester Zeit (Berl. klin. Woch. 1882, No. 9 u. 10) mitge-

Gattung Piptocephalis. Schmarotzt auf Mucor. Statt Sporangien Acrosporen auf wiederholt gablig verzweigten Fruchthyphen; ausserdem Zygosporen. — Gattung Chaetocladium. Ebenfalls auf Mucor. Fruchthyphen mit Quirlen von Zweigen, auf denen morgensternartig die Acrosporen sitzen.

3. Ascomycetes.

h) Gymnoasci.

Sporenschläuche, Asci, entstehen unmittelbar am Mycel als Zweige der Hyphen, nicht in einem Fruchtkörper. Mikroskopisch klein. — Gattung Gymnoascus, Fäulnissbewohner, auf Pferde- und Schafmist. — Gattung Exoascus. Parasitisch auf Pflanzen, so namentlich an den Früchten von Prunus (Narren, Hungerzwetschen). Aus dem im Gewebe der Nährpflanze verbreiteten Mycel brechen kurze Schläuche mit je 6—8 kugligen Sporen hervor. — Gattung Ascomyces. Die Schläuche sitzen keinem gemeinsamen Mycel auf. Schmarotzen auf Blättern der Ulme, der Pfirsichbäume etc.

i) Perisporiaceae.

Die Sporenschläuche werden innerhalb eines gehäuseartigen Fruchtkörpers, des Peritheciums, gebildet; letzteres hat keine vorgebildete Oeffnung, sondern zerreisst bei der Reife. Die Perithecien sind sehr kleine, selten über 1 Mm. grosse runde Körperchen, welche gewöhnlich in grosser Zahl dem Mycelium unmittelbar aufsitzen; ihre Wandung ist meist gefärbt, oft mit Haaren oder haarförmigen Fortsätzen besetzt. Die Asci entspringen als kurze keulenförmige Schläuche auf dem Grunde der Peritheciumhöhle; sie enthalten meist 8 einzellige, eirunde, farblose oder gefärbte Sporen. — In vielen Fällen ist die Entstehung des Peritheciums durch geschlechtliche Befruchtung nachgewiesen. Bei Eurotium z. B. entwickeln sich aus einzelnen Mycelzellen kurze Zweige, welche sich zu einer Schraube aufwinden; diese Schraube repräsentirt das weibliche Organ, das Ascogonium. Von dem unteren Theile desselben Fadens wachsen

---

theilt, dass er pathogene, im lebenden Thierkörper zur Entwicklung gelangende Mucorarten gefunden habe. Dadurch gewinnt diese Gattung ein erhöhtes hygienisches Interesse. Die genauere Bezeichnung der pathogenen Arten von Mucor steht noch aus; bisher hat man ausser den oben genannten hauptsächlich noch folgende Arten unterschieden: M. stolonifer, Mycel mit bogig aufsteigenden und sich wieder niedersenkenden Aesten, Sporangien tiefschwarz, Sporen fast kuglig. M. aspergillus, Fruchthyphen an der Basis verdünnt, vielfach gablig getheilt, Sporangien schwarzbraun, Columella niedrig. M. phycomyces, Mycel dickwandig, Fruchthyphen olivengrün, ölartig glänzend, Sporangien schwarz, Sporen länglich. M. fusiger, Sporen länglich eiförmig. M. macrocarpus, Sporen spindelförmig, spitz. M. melittophthorus, im Magen von Bienen gefunden, Sporen elliptisch.

dann Zweige aufwärts an der Schraube entlang bis zu deren Spitze, und einer der Zweige und die obere Schraubenwindung legen sich aneinander und tauschen ihren Inhalt aus; nach dieser Befruchtung theilen und verzweigen sich die männlichen Zweige, die Pollinodien, wiederholt und bilden so eine Hülle, welche zur Wand des Peritheciums wird.[1])

Ausser den Perithecien besitzen viele Perisporiaceen auf demselben Mycel noch eine zweite, geschlechtslose Fructification; es bilden sich einfach Fruchthyphen, welche Sporen, Conidien, abschnüren. Diese geschlechtslose Fructification ist ausserordentlich verbreitet und sehr häufig kommt es ausschliesslich zu dieser; nur besonders reichliche Ernährung disponirt zur Perithecienbildung. So bilden die gemeinsten Schimmelpilze für gewöhnlich nur die geschlechtslose Fructification und ihr Zusammenhang mit den Perithecienformen ist meist erst spät erkannt. Daher wurden diese Pilze mit ihren Conidienformen als besondere Gattungen beschrieben, während sie nach neuerer Forschung nur als secundäre Fruchtform der Ascomyceten aufzufassen sind. — Die Conidien keimen leicht unmittelbar nach der Reife, bilden Mycel und entwickeln wieder Conidienträger; auf solchem aus Conidien entstandenen Mycel können vermuthlich unter geeigneten Bedingungen auch Perithecien zur Entwickelung kommen, doch ist dies noch nicht direct beobachtet. Die Ascosporen sind meist erst nach einer Ruheperiode keimfähig; für einzelne derselben ist es sicher gestellt, dass sie sich zu einem conidientragenden Mycel entwickeln.

Die Perisporiaceae sind theils Fäulnissbewohner, und zwar gehören zu dieser Gruppe die allerverbreitetsten Schimmelpilze, theils schmarotzen sie auf Pflanzen und erzeugen gewisse Pflanzenkrankheiten.

22 Gattungen. — Gattung Erysiphe. Schimmelartige Ueberzüge auf lebenden Pflanzen, als „Mehlthau“ bekannt. Bildet Sommersporen und Wintersporen; erstere erscheinen als ovale, einzellige Conidien, die auf einfachen aufrechten Fruchthyphen abgeschnürt werden; die Wintersporen werden in den spät auf demselben Mycel entstehenden Perithecien gebildet und werden erst nach einer Ruhepause keimfähig. Die Conidienfructification bezeichnete man früher als besondere Pilzgattung Oïdium. Für einige Oïdiumarten ist die zugehörige Perithecienfructification noch nicht aufgefunden. — Der

---

1) Nach neueren Beobachtungen scheinen die vermeintlichen sexuellen Copulationserscheinungen nur gleichgültige Anastomosen zwischen Hyphen zu sein, wie sie auch sonst häufig vorkommen (Brefeld (24); van Tieghem, Bull. de la Soc. bot. de France 1877).

Mehlthau befällt die verschiedensten Pflanzen, und zwar haben die verschiedenen Pflanzenarten ihre besonderen Mehlthauvarietäten. Die befallenen Pflanzen erkranken und sterben frühzeitig ab. Feuchte Witterung im Spätsommer und Herbst und feuchte Lage wirken begünstigend. Ungefähr 30 Arten.

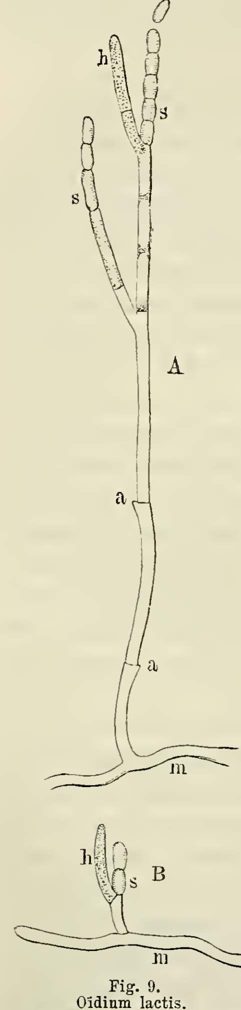


Fig. 9.
Oïdium lactis.
A ältere, *B* jüngere Fruchthyphe.
m Mycel; *s* Sporenkette, neben welcher die Fruchthyphe *h* als Seitenzweig weiter aufwächst.
a die älteren Sporenstände.
200:1.

3 wichtige Oïdiumarten, deren Perithecien aber unbekannt sind, gehören hierher:

Oïdium Tuckeri, der Pilz der Traubenkrankheit. Auf braun werdenden Flecken der Blätter und Zweige des Weinstocks zeigt sich ein weisser mehlthauartiger Ueberzug, der auch auf die junge Beere übergeht, deren Epidermis abstirbt und berstet. — Die länglichrunden Conidien stehen einzeln auf den Fruchthyphen.

Oïdium lactis. Fruchthyphen einfach, aufrecht, farblos; bilden eine endständige Sporenkette; bisweilen scheinbare Astbildung, indem die Fruchthyphe neben der endständig gebildeten Sporenkette aufwärts weiter wächst. Sporen kurz walzenförmig, 0,0077 — 0,0108 Mm. lang (Fig. 9). Zarter weisser Schimmelüberzug auf Milch, Brod, Mist etc.

Nach Grawitz (202) ist Oïdium lactis identisch mit den Pilzen einiger beim Menschen vorkommenden parasitischen Hautkrankheiten, nämlich mit dem Favuspilz (Achorion Schoenleinii), dem Pilz des Herpes tonsurans (Trichophyton tonsurans), dem Pilz der Pityriasis versicolor (Microsporon furfur). Die Conidien dieser Pilze wachsen, künstlich gezüchtet, zu einem oder zu mehreren Keimschläuchen aus; dieselben erhalten bald Scheidewände und senden Seitenzweige aus, welche sich durch Spitzenwachsthum verlängern. Oft schon nach sehr kurzem, oft nach längerem Wachsthum hört dieses auf und es beginnt die Gliederung der Fäden in Conidien, die anfangs fast cubische Zellen bilden, dann aber durch Abrundung der Ränder längsovale Gestalt annehmen. Einzelne Fäden treiben fast rechtwinklig abgehende Seitenäste; bei üppigem Wachs-

thum werden einzelne der Seitenäste zu grossen glänzenden Kugeln, die sich ganz abschnüren und wieder keimfähig sind (Fig. 10). Die Fäden des Herpespilzes etc. erscheinen allerdings sehr zart im Ver-



Fig. 10.
Favus- und Herpespilz (Oïdium lactis).
A. Keimschläuche in Gelatinelösung gezüchtet.
B. Zerfall eines Keimschlauchs in einzelne Conidien (in conc. Nahrung).
C. Fruchtbildung. *α* Knospenbildung; *β* Gemmenbildung.
D. Herpespilz, Mycelfäden mit Fructification.
E. Conidien von Oïdium lactis, aus denen (in verdünnter saurer Nährlösung) unverhältnissmässig dünne Keimschläuche hervorgewachsen sind. 350:1. (Nach Grawitz.)

gleich zu den viel dickeren Conidien von auf Milch gewachsenem Oïdium lactis; aber bei Veränderung des Nährsubstrats konnte Grawitz in dieser Beziehung die grössten Varietäten erhalten, so dass z. B. eine grosse Conidie ein viel zarteres Fädchen entsandte, welches

dann eine Zelle von viermal kleinerem Durchmesser abschnürte. (Fig. 10, E.)

Oïdium albicans wurde früher als derjenige Pilz unterschieden, welcher den Soor, einen eigenthümlichen schwammigen Belag der Mundschleimhaut und Zunge hervorruft; seine sehr dünnen Hyphen sollten an der Spitze in eine kurze Kette von kugligen oder ovalen Sporen (von 0,005 Mm. Durchm.) abschnüren. Nach Untersuchungen von Grawitz soll aber der Soorpilz vielmehr identisch sein mit Mycoderma vini (s. unten).

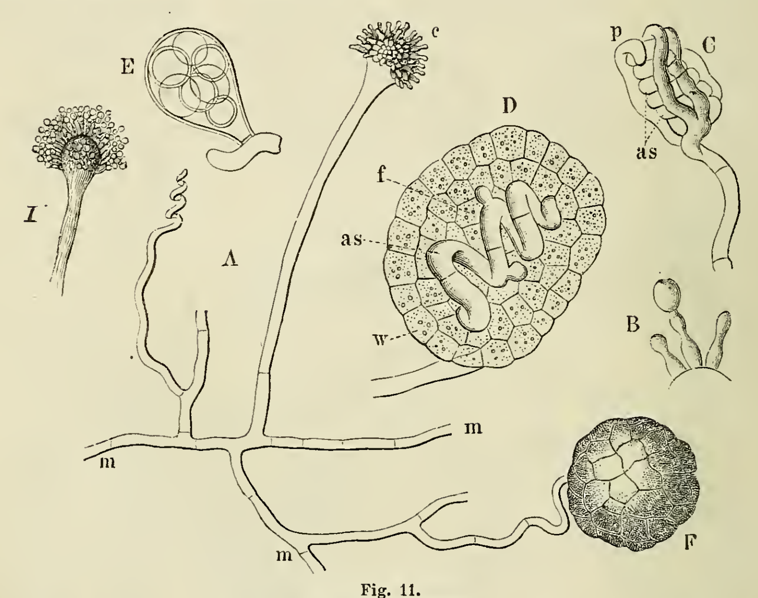


Fig. 11.
Aspergillus glaucus.

A. Stück eines Mycels *m*, mit einem Conidienträger *c* und einem jungen Eurotium-Perithecium *F*. 190:1.
B, *B'* Conidienträger mit Basidien und Conidien. *B*. einige Basidien stärker vergrössert.
C. Ascogon von den Pollinodien umwachsen. *D*. Junges Perithecium im Längsschnitt: *w* die zukünftige Wand, *f* das Füllgewebe. 250:1.
E. Ein Ascus mit Sporen aus einem Perithecium. 600:1. (Nach de Bary.)

Gattung Apiosporium. Russschwarze Ueberzüge auf Pflanzen; sehr kleine Perithecien, von schwarzbraunem, Conidien tragendem Mycel umgeben. Der Conidienzustand wird als Torula beschrieben (s. unten).

Gattung Eurotium. Perithecien kuglig, krustig hart, auf hellgefärbtem Mycel; Sporen rundlich linsenförmig, einzellig, farblos, meist 8 in jedem Sporenschlauch. Die Entstehung der Perithecien erfolgt durch geschlechtliche Befruchtung in der oben beschriebenen Weise (s. S. 56).

Eurotium herbariorum. Perithecien 0,11—0,17 Mm. Durchmesser; goldgelb, auf grauweissem oder rothgelbem Mycel; hell- oder

goldgelber Ueberzug auf Fruchtsäften etc. — Das Mycel entwickelt häufig nur die Conidienträger und ist dann identisch mit dem bisher als besondere Pilzform unterschiedenen Aspergillus glaucus; die Gattung Aspergillus ist daher an dieser Stelle zu beschreiben.

Aspergillus, Kolbenschimmel (Fig. 11). Fruchthyphen meist einfach; wenig oder gar nicht septirt; an der Spitze zu einer kolbenförmigen Blase erweitert, die mit einem Strahlenkranze von kurzen einfachen Basidien besetzt ist; auf diesen werden kuglige einzellige Sporen abgeschnürt. — Sehr verbreitete Schimmelpilze, hell oder blass gefärbt. Etwa 10 deutsche Arten. — Aspergillus glaucus, wegen seiner Zugehörigkeit zu Eurotium herbariorum auch Eurotium Aspergillus glaucus genannt. Mycel anfangs weisslich, dann graugrün oder gelbgrün; Sporen graugrün, dickwandig, warzig; 0,009—0,015 Mm. Durchmesser. — A. candidus, Mycel, Fruchthyphen und Sporen weiss. — A. nigrescens, weisses wolliges Mycel; einfache, selten gablig getheilte Fruchthyphen und dunkelbraune oder schwarze Sporen. — A. fumigatus, weisses Mycel, Fruchthyphen mit braunen Köpfchen; längliche Basidien, Sporen grün, rund, glatt, 0,003—0,004 Mm. Durchmesser. — A. flavescens, gelblichgrün; Sporen 0,006—0,007 Mm. im Durchmesser, mit zarter, feinwarziger Hülle.

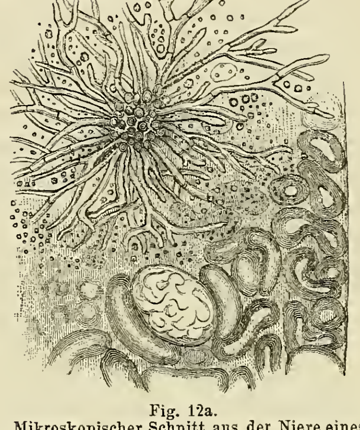


Fig. 12a.
Mikroskopischer Schnitt aus der Niere eines 36 Stunden nach der Sporeninjection getödteten Kaninchens. (Nach Grawitz.)

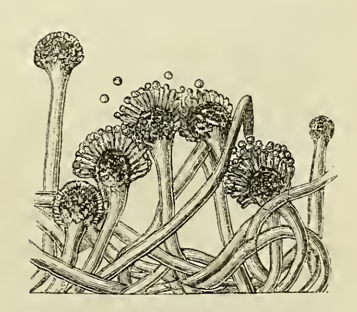


Fig. 12b.
Aspergillus-Cultur, aus der Niere eines nach Injection von Sporen getödteten Kaninchens. (Nach Koch.) 100 : 1.

Die Aspergillusarten haben in neuerer Zeit besonderes Interesse dadurch erregt, dass einzelne von ihnen im thierischen Körper zu wachsen vermögen; nach Injection grösserer Mengen von Sporen in die Blutbahn bilden sich zahlreiche Mycelien dieses Pilzes in den verschiedensten Organen, und die Versuchsthiere gehen an dieser Mykose zu Grunde (Fig. 12). Auch auf die Cornea lassen sich Aspergillussporen mit Erfolg übertragen (Leber, 199). Es scheint jedoch, als ob nur ein-

zelnen Arten dieser Gattung infectiöse Eigenschaften zukämen; Versuche mit Asp. glaucus und Asp. nigrescens fielen bisher negativ aus, während Sporen von Aspergillus fumigatus und Asp. flavescens stets zu Mykose führten.[1]) Nach Grawitz soll eine Infection nur dann gelingen, wenn der Pilz allmählich an ein flüssiges, alkalisches Nährsubstrat und an die Körpertemperatur angezüchtet ist. Diese Ansicht ist indessen als unrichtig erwiesen (Koch, Lichtheim, Leber), und der Irrthum dadurch bedingt, dass der A. glaucus sehr schwer bei niederer Temperatur gedeiht, in vorzüglicher Weise aber bei 38—40°; es ist daher wahrscheinlich, dass bei niederer Temperatur andere Pilze (Penicillium) sehr leicht die Oberhand gewinnen und dadurch die Unwirksamkeit der ohne besondere Cautelen kalt gezüchteten Culturen bedingen; während bei höherer Temperatur die Cultur des Aspergillus besonders gut gelingt und dann in jedem Falle ein infectionstüchtiges Material resultirt, einerlei ob das Nährsubstrat flüssig oder fest war.

k) Tuberaceae.

Trüffelartige Pilze, die ein im Boden ausgebreitetes Mycel und knollenförmige Fruchtkörper besitzen. Dieselben haben im Allgemeinen kein hygienisches Interesse; erst neuerdings ist von Brefeld indessen nachgewiesen (24), dass die geschlechtliche Fruchtform des gemeinsten Schimmelpilzes, des Penicillium, den Tuberaceen am nächsten steht oder richtiger als Verbindungsglied zwischen diesen und Eurotium anzusehen ist. — Unter bestimmten Nährbedingungen bilden sich in dem weissen Mycelüberzuge von Penicillium kleine Protuberanzen, in Grösse und Farbe einem gelben Sandkorn ähnlich; dieselben sind wegen ihrer Zusammensetzung aus sehr dickwandigen Zellen als Sklerotien anzusehen. Ihre Entstehung verdanken sie einem geschlechtlichen Act, ähnlich wie die Perithecien von Eurotium. In den Sklerotien findet man den Keimling einer zweiten, aus dem befruchteten Ascogon hervorgewachsenen Generation, und zwar stellt sich dieser Keimling dar als ein vielarmiges, schlauchförmiges Hyphensystem. Bei geeigneter Cultur wächst aus diesen Sklerotien ein ascentragender Pilz aus; aus den so erhaltenen Ascussporen lassen sich dann die gewöhnlichen conidientragenden Mycelien von Penicillium gewinnen.

---

1) Der von Koch gefundene pathogene Pilz wurde zuerst für Asp. glaucus gehalten; Lichtheim zeigte neuerdings (Berl. klin. Woch. 1882, No. 9 u. 10), dass namentlich auf Grund der Grössenverhältnisse der Sporen die pathogenen Pilze nicht als Asp. glaucus, sondern als Asp. flavescens und fumigatus diagnosticirt werden müssen. — Vgl. Leber, Berl. klin. Woch. 1882, No. 11.

Das conidientragende Penicillium hat gegliederte Fruchthyphen, welche baumförmig verzweigt sind, indem nur aus der oberen Gliederzelle ein Quirl aufrecht stehender Aeste pinselförmig hervortritt, deren jeder eine Sporenkette oder erst nochmals einen Quirl von Aesten mit den Sporenketten trägt. Sporen kuglig, einzellig. — Penicillium glaucum, der gemeinste Schimmelpilz (Fig. 13); verursacht flockige, anfangs weisse, später blaugrüne Schimmelüberzüge. Wächst auf den verschiedensten Nährsubstraten; ist überall verbreitet und seine Sporen schleichen sich daher sehr häufig in fremde Culturen ein. Bei höherer Temperatur (38—40°) scheint er zu verkümmern; nach GRAWITZ soll eine Anzüchtung an höhere Temperaturen gelingen, die den Pilz dann befähigt, im thierischen Körper zu wachsen (s. unter Eurotium); doch konnte diese Angabe nicht bestätigt werden. — Der Durchmesser der Sporen beträgt 0,0035 Mm.; der der Fäden schwankt je nach der Ernährung zwischen 0,004 und 0,00071 Mm. Sehr kümmerliche Formen sind unverzweigt und tragen nur eine einzige Kette von Conidien; bei üppigster Entwickelung lagern sich mehrere Fruchthyphen zu einem dicken Stamm zusammen (Coremium), an dessen oberem Ende sie wieder auseinandertreten, um in der oben beschriebenen Weise Conidienketten zu bilden.



Fig. 13.
Penicillium glaucum.
m. Mycelhyphe mit aufwärts gerichteter Fruchthyphe.

l) *Pyrenomycetes.*

Einige dieser Pilze leben parasitisch auf Pflanzen, gelangen aber meist erst nach dem Absterben der Pflanze zur vollkommensten Fructification; einige schmarotzen auf Insecten; andere sind echte Fäulnissbewohner. — Sehr viele Pyrenomyceten haben mehrere verschiedenartige Fructificationsformen, die auf demselben Mycel gleichzeitig oder nach einander auftreten; diese sind 1) Perithecien; dieselben sind charakteristisch für alle Pyrenomyceten; sie sind die höchst entwickelten Fructificationsorgane und erscheinen am spätesten. Sie bestehen in kleinen runden oder flaschenförmigen Behältern, welche in ihrem

Innern Asci, Sporenschläuche, enthalten und welche sich dadurch von den Perithecien der Perisporiaceen unterscheiden, dass sie am Scheitel eine natürliche Oeffnung besitzen. Ausser den Ascis enthalten die Perithecien im Innern meist noch dünne haarartige Gebilde, Paraphysen, die zwischen den Sporenschläuchen stehen. Bei vielen findet sich ein Stroma, d. h. ein aus zahlreichen Perithecien zusammengesetzter Fruchtkörper. — Die einzelnen Asci werden zu verschiedenen Zeiten reif; jeder enthält gewöhnlich 8 Sporen. — Der Anlage der Perithecien scheint auch bei dieser Familie eine geschlechtliche Befruchtung vorauszugehen. 2) Conidienträger, Fruchtträger, welche die Sporen frei an der Oberfläche durch Abschnürung erzeugen; und zwar entweder getrennt auf dem Mycel senkrecht stehende Hyphen, auf dem Substrat meist einen schimmelartigen Ueberzug bildend; oder conidientragende Stromata, bei welchen zahlreiche Basidien zu einer gleichmässigen Schicht, einem sog. Hymenium, vereinigt sind. 3) Spermogonien, den Perithecien ähnliche Fruchtkörper; sie schliessen eine Höhlung ein, auf deren Innenwand sich eine Hymeniumschicht von Basidien ausbreitet, welche zahlreiche sehr kleine, runde, stäbchen- oder sichelförmige Sporen (Spermatien) abschnüren. 4) Pycniden. Fruchtkörper, welche von den Spermogonien sich nur durch die grösseren ein- oder mehrzelligen, meist gebräunten Sporen (Stylosporen) unterscheiden.

Wo alle 4 Fruchtformen vorkommen, da treten gewöhnlich zunächst die Conidienträger, dann ziemlich gleichzeitig Spermogonien und Pycniden, dann Perithecien auf. Die verschiedenen Sporenarten können unter Bildung von Keimschläuchen keimen, jedoch mit Ausnahme der Spermatien, deren Bedeutung daher noch ganz zweifelhaft ist.

Die Pyrenomyceten sind kleine, meist dunkel gefärbte, hornartige oder kohlig krustige Pilze; eine grosse Anzahl von ihnen sind eigentliche Fäulnissbewohner, andere schmarotzen auf Thieren, besonders aber auf Pflanzen und erzeugen bestimmte Pflanzenkrankheiten. Gegen 900 deutsche Arten. Die wichtigsten sind folgende:

a) Gattung Claviceps. Claviceps purpurea (Fig. 14). In den Fruchtknoten von Gramineen; der Pilz erzeugt in den Blüthen ein conidientragendes Stroma, das sich als schmutzig-weisse, käseartige Masse darstellt (Sphacelia, s. unten); die zahllosen Conidien quellen mit einem vom Pilze secernirten zuckerhaltigen, klebrigen Saft (Honigthau) aus der Blüthe hervor. Durch die Conidien wird der Pilz sofort weiter fortgepflanzt; dann aber verwandelt sich das Pilzmycel allmählich in ein schwarzes Sclerotium, das zu hornartiger Gestalt

auswächst (1—3 Cm. lang, aus der Blüthe hervorragt und den abgestorbenen und vertrockneten Rest des Mycels wie eine Mütze von schmutzig gelblicher Farbe anfangs noch auf der Spitze trägt. Dies Sclerotium überwintert, keimt im Frühjahr auf feuchtem Boden und entwickelt perithecientragende Stromata als kleine gestielte röthliche Köpfchen. Die Perithecien sind an der Oberfläche des Kopfes eingesenkt; die Sporen sind fadenförmig, einzellig. Das Sclerotium, welches einen walzenförmigen, der Länge nach gefurchten, schwarzvioletten

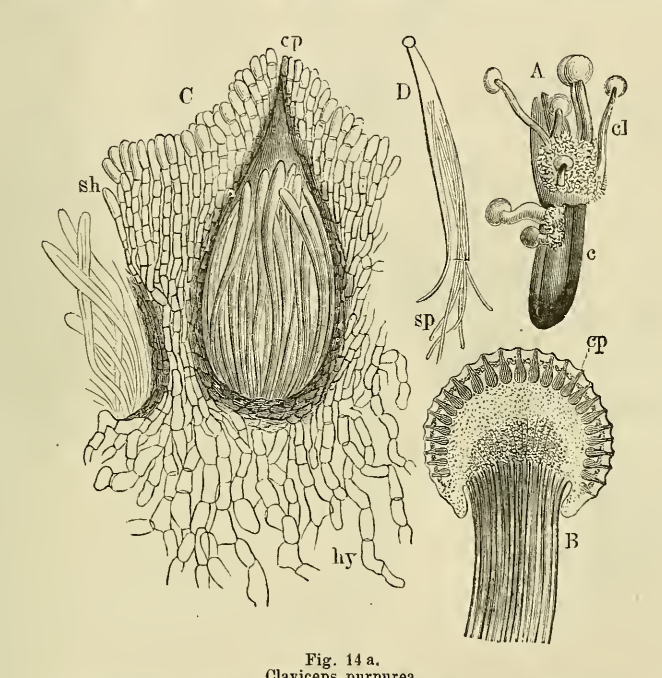


Fig. 14 a.
Claviceps purpurea.
A. Keimendes Sclerotium (*c*) mit Fruchtträgern (*cl*).
B. Oberer Theil eines Fruchtträgers im Längsschnitt; *cp* eingesenkte Perithecien. Stärker vergrössert.
C. Durchschnitt durch ein Perithecium. *sh* äussere Gewebsschicht; *hy* Hyphengeflecht; *cp* Mündung des Peritheciums.
D. Ascus, zerrissen und die fadenförmigen Sporen *sp* entlassend.

Körper darstellt, der inwendig weiss oder röthlich und hart wachsartig ist, ist als Mutterkorn bekannt (Secale cornutum); es entsteht am häufigsten in den Blüthen des Roggens, seltener der Gerste und des Weizens. Feuchte Lage begünstigt das Auftreten. (Lit. 171.)

β) Gattung Cordyceps. Ungefähr 10 Arten, einige auf abgestorbenen Schwämmen, andere (Cordyceps militaris und entomorhiza) auf todten Puppen und Raupen von Schmetterlingen. Gelbe fleischig-weiche Pilze; das weisse flockige Mycel lebt auf den Lei-

chen der Raupen, aus deren Körpern die gestielten keulenförmigen Stromata hervorwachsen. Perithecien oberflächlich vorragend; Sporen fadenförmig, in viele kurze Zellen gegliedert. Mit den Ascosporen lassen sich gesunde Raupen inficiren. (Vgl. Isaria, S. 68.)

γ) Gattung Byssothecium, Wurzeltödter. Das Mycel bildet auf lebenden Wurzeln ausgebreitete violette faserige Häute; die Wurzeln wer-



Fig. 14 b.
Claviceps purpurea.
A. Stück einer Roggenähre mit einem Mutterkorn *c*; *s* Reste der Sphacelia.
B. Gesunder, *C.* inficirter Fruchtknoten des Roggens zur Blüthezeit; *s* Sphacelia; *f* absterbender Fruchtknoten.
D. Die Sphacelia *s* in ihrem unteren Theile *c* zu einem Sclerotium umgewandelt.
E. Längsschnitt durch den oberen Theil von *D.*
F. Stück eines Querschnitts durch die Sphacelia. (Nach Tulasne).

den getödtet und die Pflanze stirbt ab. Die Perithecien entstehen erst auf ganz faulen Wurzeln; dieselben sitzen oberflächlich, sind meist kuglig, mit vollkommen runder porenförmiger Mündung, schwarz; Sporen mehrzellig und gefärbt, zu 8 in den Schläuchen. Meist Generationswechsel. Befällt und tödtet namentlich die Wurzeln der Luzerne, der Zucker- und Futterrübe, die Zwiebelknollen des Safrans, die Kartoffel etc. (Pockenkrankheit der Kartoffeln, mit Pusteln auf der Schale der Knollen, Sklerotien darstellend).

δ) Fumago, Russthaupilz. Schwarze Ueberzüge auf lebenden Blättern und Zweigen. Längliche verticale Perithecien, Sporen braun mit mehreren Scheidewänden; verschiedene Protosporenformen (vgl. Cladosporium). Macht die befallenen Bäume krank; feuchte Witterung und geschlossene Lage wirken begünstigend; die vom Honigthau der Blattläuse klebrigen Stellen bieten den Sporen besonders günstige Angriffspunkte.

ε) Pleospora. Das schwarze oder dunkelbraune Mycel überzieht meist abgestorbene Pflanzentheile, wobei die Fäden in die Epidermis eindringen; verschiedene Protosporenformen; Perithecien rundlich, Sporen mit Quer- und Längsscheidewänden, mauerförmig. Greifen auch auf lebende Theile über und bringen diese zum Absterben; dies geschieht im Sommer, wo das Mycel in der Regel erst Conidienträger besitzt; als solche werden sie daher meist mit besonderem Namen aufgeführt (Cladosporium, Sporidesmium, Stemphylium etc.). — Eine Art bewirkt den sog. schwarzen Rotz der Hyacinthenzwiebeln.

ζ) Sphaerella. Perithecien unter der Epidermis in lebenden oder abgestorbenen Blättern. Sporen ei- oder keulenförmig, farblos. Bilden die Fleckenkrankheit der Blätter an sehr vielen Kräutern und Holzpflanzen, so an den Maulbeerblättern. (Vgl. Septoria, Depazea, S. 68).

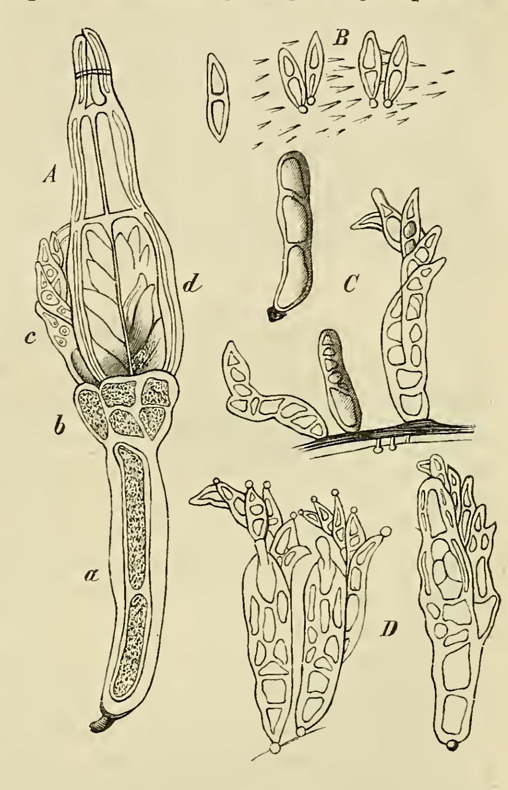


Fig. 15.
Laboulbenia muscae.
A. Reifes Exemplar; a. Stiel des Peritheciums, b. Fruchtlager, c. Seitenzweig, d. Perithecium. 350:1.
B. Auf dem Flügel keimende Sporen.
C. Theilung in der oberen Zelle der Spore und Anlage des Zweiges.
D. Der Zweig ausgebildet; Anlage des Peritheciums. (Nach Peyritsch.)

η) Laboulbenia. (Lit. 190). Schmarotzen auf Insecten; Perithecien in einen Hals verlängert, auf einem stielartigen Träger, welcher ohne Mycel dem Substrat unmittelbar aufsitzt. Sporen zweizellig, spindelförmig, farblos. Besonders auf Laufkäfern und auf Stubenfliegen (13 Arten); die länglichen, dunkelbraunen, aufrechtstehenden Perithecien überziehen die Oberfläche der Thierleiber mit einem braunfilzigen Ueberzuge.

Bei L. muscae (Fig. 15, S. 67) keimen die spindelförmigen zweizelligen Sporen sogleich, und zwar sind sie am besten auf den Flügeln der Fliegen zu beobachten; dort treiben sie einen kurzen Fortsatz, eine Art Haustorium, durch die obere Membran, richten sich dann gerade in die Höhe, und nun entsteht aus der oberen Zelle der Spore ein nach seitwärts gekrümmtes, eigenthümlich zweigartiges Organ, aus der unteren Zelle dagegen das Perithecium. Eine conidientragende Generation ist noch nicht aufgefunden. — Der Pilz verbreitet sich während der Begattung von einer Fliege zur anderen, und daher kommt es, dass die Weibchen besonders am Rücken und Kopf, die Männchen dagegen an den Beinen inficirt werden. Eigenthümlicherweise alterirt der Pilz das Wohlbefinden der Fliegen in keiner Weise, sondern sie bewegen sich völlig munter mit ihren parasitischen Auswüchsen.

Anhang: Protosporenformen der Ascomyceten.

Die Protosporenformen vieler Pyrenomyceten und Perisporiaceen sind früher als besondere, selbstständige Pilzarten beschrieben, jetzt aber als vorläufige Fruchtformen anderer Pilze erkannt und daher an anderer Stelle einzureihen (Aspergillus, Penicillium etc.); zu einigen solcher Protosporenformen sind die zugehörigen höheren Fructificationen noch nicht gefunden; dieselben werden desshalb einstweilen noch selbstständig aufgeführt, obwohl sie durch ihre Aehnlichkeit mit anderen genauer erkannten Pilzen ihre Zugehörigkeit zu gewissen Ascomyceten documentiren.

Die Protosporenfrüchte sind entweder Spermogonien, oder conidientragende Stromata, oder conidientragende Fruchthyphen.

1) Von den Spermogonien tragenden Pilzen sind hier nur Septoria und Depazea zu erwähnen, die hauptsächlich den oben beschriebenen Pyrenomyceten Sphaerella, Sphaeria etc. zugehören. Die punktförmigen Spermogonien sind in dürren Flecken lebender Blätter eingewachsen; die spindelförmigen, einzelligen Spermatien werden in Ranken aus der porenförmigen Oeffnung ausgestossen oder zerfallen am Scheitel unregelmässig.

2) Die Pilzformen, welche conidientragende Stromata besitzen, kommen meist nur auf faulenden Pflanzentheilen vor, seltener auf lebenden Thieren oder Pflanzen. Zu erwähnen sind:

α) Die Gattung Isaria. Die Pilze sind die Conidienträger der Gattung Cordyceps (S. 65) und unterscheiden sich von dieser dadurch, dass sie sich im lebenden Thier entwickeln und dieses tödten, während erst auf den todten Thieren die keulenförmigen Stromata, die für Cordyceps charakteristisch sind, sich ausbilden. — Bei der Isaria-

form findet man ein aufrechtes keulenförmiges Stroma, dessen oberer Theil zahlreiche abstehende Fäden trägt, an deren Spitzen die einzelligen, kugeligen Sporen sitzen. Etwa 20 Arten; am wichtigsten Isaria farinosa (Fig. 16). Auf zahlreichen Puppen und Raupen. Bringt man Sporen auf gesunde Raupen, so dringen die Keimschläuche durch die Stigmen in die Tracheen; die eingedrungenen Fäden erzeugen im Blut cylindrische Conidien; aus diesen bildet sich schliesslich das den Körper durchwuchernde Mycel, das erst nach dem Tode des Thieres seine volle Ausbildung erhält und dann die Leichen wie mit weissem Flaum umhüllt.

Zu dieser Classe der Protosporenfrüchte gehört ferner die Gattung Coremium, Besenschimmel, dessen weissgelbes Stroma mit weissgrünen Sporen häufig auf faulenden Substanzen vorkommt und gleichsam nur ein aus vielen Fruchthyphen vereinigtes Penicillium darstellt. — Ferner Fusisporium, Spindelschimmel; das Stroma besteht hier nur aus locker verflochtenen verzweigten Fäden, welche je eine spindelförmige, mit Querscheidewänden versehene Spore abschnüren. Bildet weisse und gelbliche Häufchen, namentlich auf faulenden Kartoffeln und besonders solchen, die durch die Kartoffelkrankheit zu Grunde gegangen sind (S. 53). — Ferner gehört dahin die Gattung Sphacelia; käseartig weiches Stroma, an der Oberfläche überall überzogen mit dem Hymenium, dessen kurze einfache Basidien länglichrunde farblose Sporen abschnüren. Vorläufer des Mutterkorns, s. S. 65.

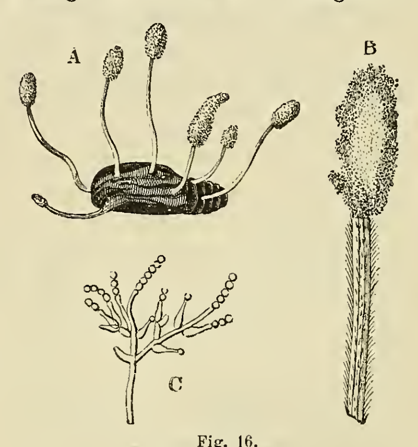


Fig. 16.
Isaria farinosa.
A. Auf einer Schmetterlingspuppe, in nat. Grösse.
B. Ein Stroma, schwach vergr.
C. Sporentragende Fäden, stark vergr.

β) Die Gattung Selenosporium; kleine helle oder röthliche Häufchen auf faulenden Pflanzentheilen; Stroma polsterförmig, verzweigte sporentragende Fäden, Sporen spindelförmig, gekrümmt, mit Querscheidewänden. — In grossen Mengen in den Wasserleitungen Münchens beobachtet.

3) Pilze mit conidientragenden Fruchthyphen, die aus dem schimmelartigen Mycel entspringen. Etwa 400 Arten, die gewöhnlichsten Schimmelpilze und verschiedene echte Parasiten umfassend.

Die Gattungen Aspergillus, Penicillium, Oïdium sind bereits oben beschrieben worden, s. S. 61, 63, 58.

Ferner gehören hierher:

α) Sporendonema, röthlicher Schimmel auf altem Käse, dem Oïdium

ganz ähnlich, nur entstehen die Sporen dadurch, dass die länglich angeschwollenen Enden der Hyphen sich in eine Reihe von Sporen abtheilen.

β) Cladosporium. Kleine dunkele Rasen auf trockenen Blättern und Aesten; dunkel gefärbte Fruchthyphen mit einer Kette länglicher, dunkler, mit Querscheidewänden versehener Sporen. — Etwa 20 Arten, die als Protosporenform zu Fumago oder Pleospora gehören, s. S. 66 u. 67.

γ) Botrytis, Traubenschimmel. Fruchthyphen sind an der Spitze in kurze dichtstehende Aestchen getheilt, auf welchen die einzelligen Sporen fast kopfartig zu einer staubigen Masse angehäuft sind; weisse bis schwarze schimmelartige Pilze, auf faulenden Pflanzentheilen, aber auch parasitisch auf Insecten. — B. cinerea, graue Rasen an abgestorbenen Pflanzentheilen. Bildet die Conidienträger von Peziza Fuckeliana (s. S. 71).

Botrytis Bassiana, Muscardinepilz (Fig. 17). Hyphen und Sporen farblos. Die Hyphen meist einfach, zuweilen aber zu baum-

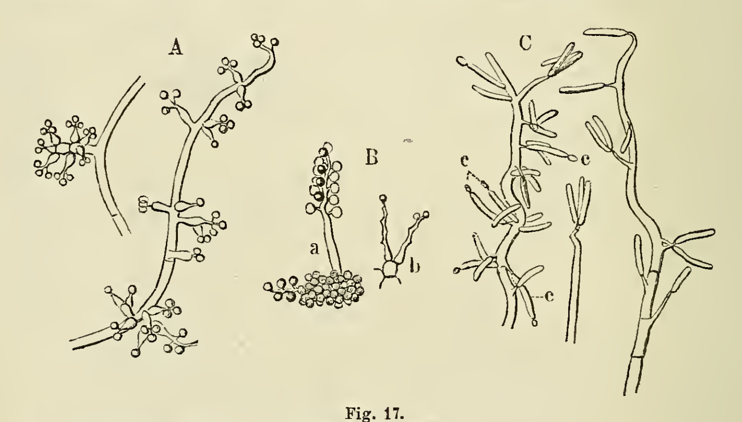


Fig. 17.
Botrytis Bassiana.
A. Sporentragende Stücke von Fruchthyphen. 390:1.
B. Sporentragende Zweige, bei *b* die meisten Conidien abgefallen. 700:1.
C. Pilzfäden aus der inneren Hautlage einer Raupe, bei *c* reichlich Cylinderconidien abschnürend. 390:1. (Nach de Bary).

artigen Stämmen vereinigt und dann der Isaria (S. 68) ähnlich. — Der Pilz ist die Ursache der Muscardine (Lit. 176), einer tödtlichen Seidenraupenkrankheit, kommt aber auch auf verschiedenen anderen hier einheimischen Schmetterlingsraupen und auf Insecten vor. Der Pilz gelangt von aussen durch die Haut in den Körper; die Keimschläuche dringen tief in die Muskelbündel und Fettläppchen, wo sie dann an ihren Seiten und Spitzen cylinderförmige Conidien abschnüren; letztere vermehren sich im Blut und bilden, indem sie in die Länge wachsen und Querscheidewände bekommen, das weitverbreitete Mycel. Aus diesem wachsen dann die zahlreichen Fruchthyphen her-

vor, welche die mumienartig erstarrte Leiche mit einem schneeweissen Schimmel überziehen. — Die Sporen keimen auch auf Wasser und Nährlösungen (Zuckerlösung, Gelatine etc.).

δ) Acrostalagmus. Die zinnoberrothen Köpfe durch Schleim verklebt; bildet rothe Schimmelüberzüge an faulen Vegetabilien, namentlich an Kartoffeln, die durch Kartoffelkrankheit getödtet sind (S. 53).

ε) Spicularia. Doldenförmig verzweigte Fruchthyphen; auf dem Ende jeden Astes ein Köpfchen ovaler Sporen. Bei der Gelbsucht des Weinstocks, dessen Blätter bald nach der Blüthezeit citrongelb werden und dann auf kleinen braunen Flecken der Unterseite den Pilz zeigen. Die Krankeit hat im Aeusseren Aehnlichkeit mit der durch die Reblaus verursachten Veränderung des Weinstocks.

ζ) Staphylosporium violaceum; einfache Fruchthyphen, mit einem oder mehreren Quirlen eiförmiger, dunkelblauer Sporen. Entwickeln sich auf dem Mycel, welches die Weissfäule des Holzes verursacht und häufig auch ohne Fructification unter der Bezeichnung Nyctomyces vorkommt.

η) Stemphylium (sehr kurze Fruchthyphen, braune Sporen) und Sporidesmium (ohne Fruchtträger, keulenförmige Sporen aufrecht auf dem undeutlichen Mycelium) stellen Protosporenformen von Pleospora (S. 67) dar.

ϑ) Xenodochus ligniperda. Vielfach verzweigtes farbloses oder hellbraunes Mycel, an den Enden und Seiten eine walzenförmige braune, kettenförmig eingeschnürte Spore tragend. Kommt bei der Rothfäule des Holzes vor; die Mycelfäden wuchern selbst in der festen Substanz der Zellwände. Das Mycel ist als Nyctomyces fuscus beschrieben. Es ist noch zweifelhaft, ob der Pilz die Ursache der Fäule ist oder ob er erst im abgestorbenen Holze entsteht.

ι) Lanosa nivalis. Schneeschimmel. Keine Fruchthyphen, Mycel aus verfilzten Fäden, an deren Seiten büschelweise längliche Sporen mit Querwänden stehen. Mycelium weiss, auf der Erde und auf Pflanzen unter dem Schnee; stellenweise rothe Staubhäufchen, welche aus Sporen bestehen.

κ) Polydesmus. Das dünne Mycel trägt aufrechte, oft verzweigte Ketten, welche in die unregelmässig spindelförmigen, braunen Sporen zerfallen. P. exitiosus, Rapsverderber; Mycel aus braunen verästelten Fäden, die nach aussen zahlreiche Sporenketten entwickeln; befällt die Schoten der Rapspflanze und zerstört dieselben. — Die Perithecienform des Pilzes, Septosphaeria napi, kommt auf dürren Stoppeln des Raps und Rübsen vor.

λ) Torula. Mycel aus kriechenden, sehr ästigen Fäden. Sporenketten aus der Seite der Mycelfäden entspringend; rosenkranzförmig in kugelige oder länglich-runde einzellige Sporen zerfallend. — Meist dunkle, staubige Ueberzüge auf abgestorbenen und lebenden Pflanzentheilen bildende Pilze, welche Conidienformen verschiedener Pyrenomyceten und Perisporiaceen darstellen. — 50 Arten. — Auf lebenden Zweigen der Edeltanne und der Ulme; diese Arten sind die Conidienformen von Apiosporium.

μ) Sterigmatocystis. Wie Aspergillus, aber Basidien länglich, mit je 2 Sterigmen. S. antacustica, im menschlichen Ohr beobachtet; weisses Mycel, Fruchthyphen mit schwarzen Sporenköpfchen.

Ueber die früher hierher gezählten Microsporon furfur, Achorion Schoenleinii, Trichophyton tonsurans s. S. 58.

m) Discomycetes.

Die Discomyceten sind den Pyrenomyceten sehr ähnlich und unterscheiden sich von diesen hauptsächlich nur dadurch, dass die Hymeniumschicht der Fruchtkörper wenigstens zur Reifezeit an der Oberfläche des Körpers frei liegt. Gewöhnlich stellt das aus Sporenschläuchen und Paraphysen bestehende Hymenium eine oberflächliche concave oder convexe Scheibe dar von horniger, wachs- oder gallertartiger Beschaffenheit; die Fruchtkörper zeigen sehr verschiedene Formen, bald Keulen oder Hüte, bald Gehäuse etc. — Auch hier treten verschiedene Fructificationsformen auf; entweder ausser den Hymenien noch Spermogonien und Pycniden, oder auch Fruchthyphen oder Stromata mit Conidien; zuweilen bildet das Mycel Sklerotien. — Sie wachsen theils auf blosser Erde, theils auf faulenden Pflanzentheilen, theils als Parasiten auf Pflanzen. — Ungefähr 800 Arten, darunter zahlreiche grosse essbare Pilze, wie die Morchel, der Eichelschwamm etc. — Von parasitischen oder durch ihr sonstiges Verhalten interessirenden Arten sind folgende zu erwähnen:

α) Peziza, Becherpilz. Fruchtkörper becher- oder napfförmig; Scheibe anfangs geschlossen, später offen. Meist sehr kleine Pilze. Einige Arten schmarotzen im Klee und Hanf und erzeugen den Kleekrebs resp. Hanfkrebs. P. Fuckeliana, auf kleinen Sklerotien, auf faulenden Rebenblättern. Die zugehörigen Conidienträger bilden den oben erwähnten Pilz Botrytis cinerea (S. 69). — Gegen 300 Arten.

β) Ascobolus. Fruchtkörper becherförmig, Scheibe schwarz punktirt; Sporen schwarz, stäubt die Sporen umher, indem gleichzeitig sämmtliche reife Asci ihren Sporeninhalt elastisch heraussspritzen. Auf Koth von Herbivoren.

γ) Hypoderma. Das Mycel entwickelt sich parasitisch in noch lebenden Pflanzentheilen, so in den Nadeln der Fichte und der Weisstanne und erzeugt hier die Krankheit, die als Ritzenschorf bekannt ist. Auf den abgefallenen Nadeln bilden sich zunächst Spermogonien, im folgenden Sommer die Perithecien, welche ihre Reife im nächsten Frühjahr erreichen. Die unter der Oberhaut hervorbrechenden Perithecien sind länglich, öffnen sich mit Längsspalte, die farblosen Sporen sind länglich cylindrisch, fast so lang als der Schlauch. — Die Spermogonienform bildet die Septoria pini, vgl. S. 68.

IV. Basidiomycetes.

n) Uredineae.

Pflanzenbewohnende Schmarotzer. Das fädige Mycel wuchert zwischen den Zellen der Nährpflanze, die unter der Epidermis ent-

stehenden Fructificationsorgane durchbrechen dieselbe in Form von kleinen, oft rostfarbenen Staubhäufchen oder Flecken, die aus dichtgedrängten Basidien bestehen. Meistens findet sich ein ausgeprägter Generationswechsel (s. S. 46); früher wurden die verschiedenen Fructificationsformen als besondere Pilzspecies beschrieben — Uredo, Puccinia, Aecidium —, während jetzt diese früheren Gattungsnamen nur für die besondere Sporenart der nämlichen Pilzgattung gebraucht werden. (Lit. 171 ff.)

Die Art und Weise des Generationswechsels lässt sich am besten an einem Beispiel erklären. — Puccinia graminis, der Getreiderost, der auf vielen Gräserarten vorkommt, bildet auf seinem Mycel unter der Epidermis der Nährpflanze zunächst keulenförmige Anhäufungen von Basidien, die durch Abschnürung Sporen bilden, die Epidermis durchbrechen und die Sporen als ovale Zellen, in deren Protoplasma orangerothes Oel sich findet und deren Episporium farblos und rauh ist, austreten lassen. Diese Sporen, die sog. Uredosporen oder Sommersporen, keimen rasch und entwickeln während des ganzen Sommers stets dasselbe Mycel und dieselbe Fructification. Im Herbst aber bilden sich auf den Basidien keulenförmige Sporenzellen, die aus zwei übereinanderstehenden Zellen mit dicken, dunkelbraunen, aussen glatten Membranen bestehen; diese sog. Teleutosporen oder Wintersporen keimen erst im nächsten Frühjahr, der Keimschlauch dringt aber nicht in eine Nährpflanze ein, sondern treibt nur einzelne dünnere Zweige, an deren Ende eine rundliche, farblose Zelle abgeschnürt wird. Die so gebildeten Sporidien keimen rasch, aber nicht etwa auf Gräsern, sondern auf den Blättern des Berberitzenstrauches, durch deren Epidermis die Keimschläuche der Sporidien hindurchdringen. Den nunmehr in der Berberitze entwickelten Thallus nennt man Aecidium berberidis; aus demselben entwickeln sich in becherförmigen Organen (Aecidienbecher, deren Hülle Peridie genannt wird), auf der Unterseite der Blätter die Epidermis durchbrechend, kurze Basidien, und auf diesen schnürt sich eine lange Reihe einfacher rundlicher Zellen mit rothgelben Oeltropfen ab. Die Aecidiumsporen keimen gleich nach der Reife, aber die Keimschläuche entwickeln sich nur dann weiter, wenn sie durch die Spaltöffnungen in die Blätter von Gräsern eindringen können; hier entwickelt sich dann wieder das ursprüngliche Mycel mit seinen Uredosporen und schliesst so den eigenthümlichen Kreislauf der Generationen dieses Pilzes.

In Begleitung der Aecidien tritt immer noch ein anderer Fruchtapparat auf, die Spermogonien, kleine krugförmige Behälter, die

mit behaarter Mündung zwischen den Epidermiszellen hervorragen, vorzugsweise auf der oberen Blattseite; sie entleeren ihre Spermatien noch vor der Reife der Aecidien, eine Keimung derselben ist aber bisher nicht bekannt. (Vgl. Fig. 18.)

Bei einzelnen Uredineen kommen alle 3 Generationen auf demselben Wirth vor (autöcische Pilze, s. S. 46). Bei manchen Rostpilzen fehlen eine oder zwei der Hauptgenerationen; wenn sie nur den Teleutosporenzustand besitzen, keimen diese Sporen gleich nach der Reife und beginnen die Entwickelung von neuem; existirt nur die Aecidiengeneration, so beginnt gleichfalls sofort nach der Reife

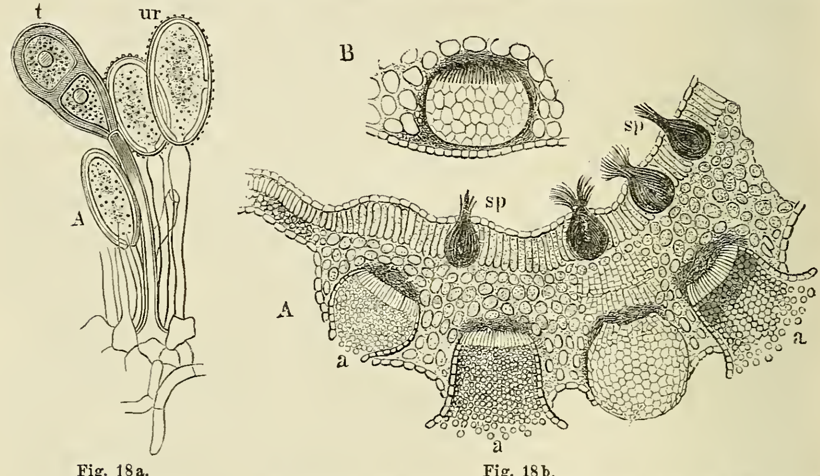


Fig. 18a. Getreiderost.
A. Puccinia graminis; ein Stück des Uredosporenlagers mit Uredosporen *ur* und einer bereits gebildeten Teleutospore *t*. 390 : 1.

Fig. 18b.
B. Aecidium berberidis. Durchschnitt durch eine mit Aecidienbechern (*a*) und Spermogonien (*sp*) besetzte verdickte Stelle des Blattes. Bei *a* untere Blattseite.
C. Durchschnitt durch einen Jugendzustand eines Aecidiums.

der Sporen die Entwickelung, jedoch ist der Keimungsprocess dann dem der Teleutosporen ähnlich. — Die Uredineengattungen werden nach den Teleutosporen bezeichnet, weil diese bestimmte Unterschiede zeigen, während die Uredo- und Aecidiumfructification bei allen Gattungen im Wesentlichen übereinstimmt. Die Rostpilze kommen in grosser Verbreitung auf den verschiedensten Phanerogamen, auf Gräsern, Sträuchern und Bäumen vor. Feuchtigkeit des Bodens und der Luft befördern ihre Entwickelung. — Für viele Rostpilze ist der etwa bestehende Generationswechsel noch nicht festgestellt, und daher sind manche bisher als besondere Arten aufgeführte Formen in Bezug auf ihre Selbstständigkeit zweifelhaft. — Zu erwähnen sind namentlich folgende Arten:

α) Uromyces. Teleutosporen; dunkle Häufchen, welche durch die Epidermis lebender Pflanzentheile hervorbrechen. Sporen braun, einzellig, mit einer kurzen farblosen stielförmigen Zelle angewachsen. Vollständiger Generationswechsel, daher Aecidien und Uredosporen zugehörig. Die Uredosporen unterscheiden sich durch den Mangel des Stiels und durch das stachelige Episporium. — Ueber 20 Arten. Bedingen z. B. den Rost der Runkelrüben und der Hülsenfrüchte; die anderen Generationen auf demselben Wirth.

β) Puccinia. Teleutosporen. Sporen durch eine Querscheidewand in eine grössere obere und untere kleinere Zelle getheilt. Meist vollständiger Generationswechsel. — Puccinia graminis, Getreiderost (Fig. 18). Sporen länglich, in der Mitte eingeschnürt, Stiel fast so lang wie die Spore. Bildet lange schwarze unbedeckte Häufchen. Befällt und schädigt namentlich die verschiedenen Getreidearten. Die Uredosporen finden sich auf derselben Nährpflanze; dieselben verrathen durch die Bildung rostrother Häufchen zuerst die Krankheit, denen dann nach einiger Zeit die schwarzen Häufchen der Teleutosporen folgen. Das Aecidium berberidis bildet die zugehörigen Aecidien und Spermogonien. Ausrottung der Berberitzensträucher in der Nähe von Getreidefeldern schützt diese daher vor der Infection. — Puccinia coronata, Sporen kronenförmig mit mehreren hornförmigen Spitzen besetzt. Befällt besonders den Hafer; in Generationswechsel mit Aecidium rhamni des Kreuzdorns und Faulbaums. — Bei manchen Arten kommen die Aecidien auf demselben Wirth vor, so bei P. umbelliferarum etc.; bei einigen fehlt das Aecidium, bei anderen fehlen die Uredosporen, so dass nur Aecidium und Teleutosporen oder nur die letzteren bekannt sind.

Dahin gehören ferner die Arten: Gymnosporangium (auf Nadelhölzern), Phragmidium (an Rosaceen), Chrysomyxa (den gelben Rost der Fichtennadeln verursachend), Melampsora (Weidenrost) etc.

Die Sporengeneration Aecidium zeigt im Allgemeinen folgende nähere Beschaffenheit: Eine niedrige becherförmige Peridie bricht mit gezähntem Rande auf und enthält in ihrem Grunde die Basidien, auf welchen die Sporen kettenförmig abgeschnürt werden. Letztere sind gelb oder orangeroth, einzellig und haben ein feinstacheliges Episporium. Die kleinen, punktförmigen, blassgelben Peridien findet man in Häufchen auf entfärbten Flecken der Blätter oder auf verdickten Stellen der Blätter, Stengel und Blüthen. Zwischen ihnen, am Rande der äcidientragenden Verdickungen, oder an der entsprechenden Stelle der Oberseite des Blattes treten, meist schon früher, sehr kleine punktförmige, dunkle Spermogonien auf. (Vgl. Fig. 18b.)

Im Ganzen existiren weniger prägnante Unterschiede zwischen den Aecidien der verschiedenen Rostarten, als zwischen den Teleutosporen. Man findet Differenzen in der Farbe und Form der Sporen, in der Gestalt der Peridie etc.; gewöhnlich werden aber die einzelnen Arten benannt nach den Nährpflanzen, auf denen sie vorkommen, z. B. Aecidium leguminosarum, Aecidium rhamni etc.

Zu Aecidium gehören ferner die Gattungen: Roestelia (Gitterrost; Peridie lang flaschenförmig; auf Pomaceen, in Generationswechsel mit Gymnosporangiumarten), Peridermium (Peridie blasen- oder schlauchförmig; auf Kiefern); Cacoma (Lager von Basidien ohne Peridie; auf Kiefern, Lärchen etc.).

Bei der dritten Sporengeneration, Uredo, bilden die einzelligen, mit stacheligem Episporium versehenen Sporen staubige Häufchen; meist einzeln auf den Basidien, dann aber bisweilen mit einer früh verschwindenden flachen Peridie versehen; zuweilen kettenförmig sich abschnürend, dann aber stets ohne Peridie, ohne Paraphysen und ohne Spermogonien. Rundliche, meist rostrothe Haufen auf Blättern und Stengeln; die befallenen Theile werden rasch gelb und sterben vor der Zeit ab, so dass diese Sporengeneration des Rostpilzes die schädlichste ist. — Sie werden nach der Art der Sporenabschnürung, nach dem Vorhandensein von Paraphysen, nach der Farbe der Sporen unterschieden, aber ebenfalls weniger durchgreifend, als die Teleutosporen; ihre Benennung erfolgt wiederum nach der Nährpflanze, Uredo leguminosarum, Uredo rosae etc. —

o) *Tremellini.*

Nicht schmarotzend, meist auf abgestorbenem Holze. Ohne hygienisches Interesse.

p) *Hymenomycetes.*

Meist grössere Pilze mit ausgebildetem Fruchtkörper und einem frei zu Tage liegenden Hymenium. Das freifädige Mycel breitet sich auf dem Erdboden, auf altem Holz etc. aus; auf demselben erhebt sich der Fruchtkörper, strauchförmig oder in Hutform. Das Hymenium bildet eine zusammenhängende, aus Basidien bestehende Haut; bei den Hutpilzen ist sie in zahlreichen Vorsprüngen aller Art, in Leisten, blattartigen Lamellen, Stacheln angeordnet. Die Hyphen des Fruchtkörpers verlaufen gegen das Hymenium, verzweigen sich büschelförmig und bilden so die kurz keulenförmigen Basidien, die senkrecht zur Oberfläche dicht aneinander gedrängt stehen. Die Basidien haben an ihrem Scheitel 4 kurze Aestchen, Sterigmen, auf welchen sich die Sporen abschnüren. — Viele essbare und giftige Pilze, deren Beschreibung in den Abschnitt „Nahrungsmittel“ gehört; z. B. die Gattung Agaricus, Boletus etc. — Von gewissem hygienischen Interesse ist ausserdem nur noch die Gattung Merulius, zu der M. lacrymans, der Haus- oder Thränenschwamm, gehört; derselbe besitzt einen ausgebreiteten, nicht hutförmigen Fruchtkörper, der

sich hautartig aus dem Mycel entwickelt und an der freien Oberseite das Hymenium trägt; letzteres ist durch niedrig netzförmig zusammenhängende Falten runzlig, gelbbraun, unten sammethaarig. Der Pilz befällt vorzugsweise das Holz von Gebäuden und dieses wird dann durch Wucherung des Mycels faul und morsch; Bedingungen, welche die Fructification hintanhalten, aber dafür das Mycel zu um so üppigerer Entwickelung kommen lassen, sind daher besonders gefahrbringend. — Näheres s. im Abschnitt „Wohnung“.

q) Gasteromycetes.

Meist grosse Pilze. Das Hymenium liegt nicht frei an der Oberfläche, sondern im Inneren des geschlossenen bauchförmigen Fruchtkörpers. Schmarotzen nicht, sondern wachsen meist auf oder in der Erde, seltener auf abgestorbenen Pflanzentheilen. — Mehrere essbare, einige giftige Arten (vgl. unter „Nahrung“); im übrigen ohne hygienisches Interesse.

V. Myxomycetes.

Ohne Mycel; im Jugendzustand nackte Protoplasmakörper, Plasmodien, von schleimartiger Beschaffenheit und von veränderlicher Gestalt; zur Fruchtzeit verwandeln sie sich unmittelbar zu unbeweglichen Sporangien, die auch zu mehreren vereint Fruchtkörper bilden können. Die Sporen werden durch freie Zellbildung aus dem Protoplasma des Sporangiums erzeugt; bei der Keimung geht ihr Inhalt in einen nackten, mit Zellkern, contractiler Vacuole und einer langen Wimper versehenen, beweglichen Schwärmer über. Durch massenhafte Verschmelzung der letzteren entstehen wieder unmittelbar Plasmodien. — Die Plasmodien bilden meist lebhaft gefärbte, umfangreiche Massen, die sich auf faulenden vegetabilischen Substraten, auf Baumstrünken etc. entwickeln, oft nach höheren Punkten emporfliessen und einfache oder verzweigte Fortsätze aussenden und wiedereinziehen. Unter günstigen Feuchtigkeitsverhältnissen bilden sich aus den Plasmodien ziemlich rasch heerdenweise die Sporangien, als meist nur wenige Millimeter grosse gestielte oder ungestielte Blasen. Den Innenraum des reifen Sporangiums erfüllen die Sporen als ein stäubendes Pulver; dieselben sind einfache rundliche Zellen mit gefärbter Membran; bei ihrer Keimung treiben sie keinen Keimschlauch, sondern das Protoplasma tritt aus der Sporenhaut nach Art der Schwärmsporen hervor, als rundliche oder eiförmige Körper, vorn mit einer schwingenden Wimper; am vorderen Ende der Schwärmspore liegt ein Zellkern, den hinteren Theil füllen ein oder zwei mit wässeriger Flüssigkeit gefüllte Vacuolen, welche sich abwechselnd zusammenziehen und wiederausdehnen. Die Bewegung der

Schwärmer ist bald eine freischwimmende, indem durch die Thätigkeit der Wimper Achsendrehungen und Schwankungen bewirkt werden, oder amöbenartig kriechend mit Aussenden und Einziehen protoplasmatischer Fortsätze. Die Schwärmsporen vermehren sich durch Zweitheilung; schliesslich vereinigen sie sich in immer grösserer Zahl und bilden so wieder ein Plasmodium. — Die beweglichen Zustände der Myxomyceten haben die grösste Aehnlichkeit mit den dem Thierreich angehörenden Monaden, so dass ihre Zurechnung zum Pflanzenreich einigermassen zweifelhaft erscheinen kann. — Etwa 200 Arten.

Dahin gehört Plasmodiophora brassicae, ein Parasit des Kohls, welcher in den Wurzeln des letzteren Anschwellungen verursacht, und sich in den Zellen in Form eines nackten Plasmodiums findet, das später in Sporen zerfällt; (Woronin, in Pringsheim's Jahrb. f. wissensch. Botanik. Bd. 11).

Anhang: Sterile Myceliumformen.

Einige Pilzformen sind bisher ohne Fruchtkörper und Sporen gefunden; dieselben können daher einstweilen nicht in das System der Pilze eingeordnet werden. Die wichtigsten derselben sind folgende:

Rhizomorpha. Meist grosse wurzelförmig verzweigte Pilze, aus fest verwachsenen Hyphen zusammengesetzt, mit brauner Rinde und weissem Mark. Runde, 1 Linie dicke Stränge, oder 1—6 Zoll breite Bänder, oft in weiter Ausdehnung an faulem in der Erde befindlichem Holz, in Brunnenröhren und Bergwerken. Die jungen Astspitzen verbreiten im Dunkeln ein phosphorescirendes Licht.

Hypha, Fadenschimmel. Die Mycelfäden bilden wollige oder faserige Häute, von weisser oder gelblicher Farbe; überzieht in grösserer Ausdehnung moderndes Holz in feuchten Wohnungen, in Bergwerken etc.

Byssus, Gruftschimmel. Weisse, zarte, spinnewebeartige Mycelfäden, meist flockenähnliche Räschen bildend. Auf feuchtem Holz und Steinen, in Kellern, Bergwerken. In trockener Luft zusammenfallend und verschwindend.

Dematium. Braune Mycelfäden, dünne Ueberzüge auf faulendem Holz etc. bildend. D. pullulans. Fäden kriechend, anfangs farblos, später dickwandig, bräunlich, durch Querscheidewände in Gliederzellen sich theilend. Aus den Seiten der Gliederzellen treiben die Fäden oft hefeartige Sprossungen (sog. Dematiumhefe). Kommt häufig neben den gewöhnlichen Schimmelarten auf zuckerhaltigen Flüssigkeiten etc. zur Entwickelung; jedoch erregen die Hefezellen keine geistige Gährung und wachsen wieder zu den gewöhnlichen Fäden aus. Vermuthlich der Myceliumzustand einer Penicilliumart.

Chionyphe Carteri. Bei einer eigenthümlichen Erkrankung des Fusses in Indien von Carter beobachtet (Madurafuss). Das aus reichverzweigten Fäden bestehende Mycel dringt in das cutane und subcutane Gewebe des menschlichen Fusses und bewirkt heftige Entzündung, Eiterung und Geschwürsbildung. Langgliedrige, derbwandige Mycelfäden; an den Seitenästen endständige schwärzliche Zellen, die mit kleineren Zellen angefüllt sind (Sporangien?).[1]) Der ursächliche Zusammenhang des Pilzes mit der Erkrankung ist übrigens neuerdings mehrfach in Zweifel gezogen.[2])

Zu den sterilen Mycelformen sind endlich noch die Hefearten zu rechnen, die indess ihrer besonderen Bedeutung wegen besser in einem speciellen Abschnitt abgehandelt werden.

Völlig fraglich in seiner Zugehörigkeit zu einer bestimmten Gruppe der Pilze ist der neuerdings als Ursache einer nicht selten beim Rind und beim Menschen auftretenden Krankheit erkannte Actinomyces. Die Krankheit wird besonders häufig beobachtet am Kiefer des Rindes und bildet dort eine weissliche Geschwulstmasse, die von den Alveolen der Backenzähne oder von der Spongiosa des Knochens ausgeht, letzteren aufbläht, usurirt und schliesslich nach aussen, seltener nach innen durchbricht. Die grossentheils weiche und saftige Substanz dieser Neubildung zeigt auf dem Durchschnitt eine grosse Zahl gelblicher, abscessähnlicher Heerde, aus denen man durch Abstreifen eigenthümliche, etwa hanfkorngrosse Körper erhält, die schwefelgelb gefärbt und wie fettig anzufühlen sind. Ebensolche Heerde finden sich in der Rachenhöhle, im Kehlkopf, in zugehörigen Lymphdrüsen etc. verbreitet. Die erwähnten gelben Körper erweisen sich bei genauerer Prüfung als Gebilde von grob granulirtem, oft maulbeerähnlichem Aussehen und bestehen aus zahllosen dicht verfilzten Fäden. Bei leichtem Druck zerfallen die kugelig-drüsigen Körper in einzelne Pilzrasen: Complexe von hyphenähnlichen, gablig verzweigten Fäden, die, sich allmählich verbreiternd, in keulen- oder kolbenartige Anschwellungen auslaufen (Bollinger). Die Fäden sind gewöhnlich gestreckt, seltener leicht wellig oder selbst spiralig gekrümmt und schwellen gegen die Peripherie hin immer mehr an. Indem dieselben insgesammt von einem Mittelpunkte aus nach allen Richtungen hin ausstrahlen, muss ein Produkt entstehen, dessen Architectur am meisten an die eines dicht geschlossenen Blüthenstrausses

---

1) Proceed. of the Linn. Soc. 1865. Bd. 8.

2) Lewis u. Cunningham, 9. Rep. of the Sanit. Commissioner of India.

oder auch an die einer Krystalldruse erinnert (Fig. 19). Nach Harz besteht jedes Einzelindividuum einer solchen Druse zunächst aus einer etwas kugelförmigen, das Mycel repräsentirenden Basalzelle. Diese entwickelt dann 2—9 mehr kurzgliedrige Hyphen, welche sich mehrfach gabelspaltig verzweigen und so zuletzt in eine grosse Zahl von Endarmen auslaufen, die schliesslich eine etwas gewölbte Trauben- oder Afterdolde darstellen. Der Durchmesser der Hyphen ist sehr ungleich; ihr Inhalt meist homogen, hellgrau oder fast farblos. Querscheidewände sind meist nicht erkennbar. Auf den Endverzweigungen der Hyphen finden sich, theils einzeln, theils 2—3 neben einander, die Vermehrungszellen, Conidien; sie sind einzellig, an Gestalt und Grösse ziemlich variabel. Bei der Aussaat auf künstlichem Nährsubstrat entwickeln die Conidien nach 24 bis 36 Stunden theils dünne Keimschläuche von verschiedener Länge, theils kurze kugelig-elliptische Sprossgebilde in der Zahl von 3—10. Die Sprossungen geschehen ganz nach Art der gewöhnlichen Hefe, nur dass die Zahl der jungen Sprossen eine grössere ist und eine Lostrennung nicht stattfindet, so dass dieselbe in gewisser Art mit der Sprossung einer Mucorhefe-Colonie vergleichbar ist. Eine weitere Entwickelung der Pilzkeime konnte bisher nicht erzielt werden. — Trotz der beobachteten hefeartigen Sprossungen ist der Pilz vermuthlich den Schimmelpilzen zuzuzählen; und zwar stellt er vielleicht nur die noch nicht näher bekannte Conidienform eines schon bekannten höheren Pilzes dar. — Die in Thränenkanal-Concretionen gefundenen Pilzbildungen, die als Streptothrix Försteri unter den Spaltpilzen Stellung gefunden haben (s. unten), zeigen eine auffällige Aehnlichkeit mit Actinomyces und sind vielleicht mit diesem identisch; ebenso sind die von Israel bei verschiedenen Kranken gefundenen Pilze als Actinomyces zu deuten (Israel, Virchow's Arch. f. path. Anat. 74, 15. — 78, 421. — Ponfick l. c.).



Fig. 19.
Druse von Actinomyces (Strahlenpilz) mit einem gesondert emporstrebenden verzweigten Faden. (Nach Ponfick).

Mehrfach ist in neuerer Zeit mit Sicherheit Actinomyces bei Menschen diagnosticirt; die Krankheit ist dann unter dem Bilde mehr oder weniger umfangreicher Eiterungen an verschiedenen Stellen des Körpers, namentlich aber im Bereich der unteren Hälfte des Gesichts, aufgetreten und kann als Zahnabscess, aber auch als prävertebrale Phlegmone, als Peripleuritis mit Senkungen und Metastasen, als chronische Pyämie imponiren. Dass der beschriebene Pilz wirklich die Ursache der Erkrankung darstellt, geht auch aus Infectionsversuchen hervor; bei Kälbern liess sich durch Impfung ins subcutane Gewebe (nicht durch Fütterung) eine Entwickelung der charakteristischen Tumoren hervorbringen; Kaninchen und Hunde zeigten sich unempfindlich. — In den Krypten der Tonsillen zahlreicher Menschen, sowie in den Tonsillen der Schweine sind von PONFICK resp. JOHNE Actinomycesähnliche Gebilde gefunden; der Pilz scheint daher in ziemlich grosser Verbreitung vorzukommen und die relative Seltenheit der Erkrankungen nur darauf zu beruhen, dass vielleicht besondere Eingangspforten, wie gewisse Traumen, die individuelle Disposition vollenden helfen müssen.[1])

B. Sprosspilze, Hefepilze (Saccharomyces, Cryptococcus).

Allen Hefeformen gemeinsam ist das Kennzeichen, dass sie aus einzelnen mikroskopisch kleinen Zellen bestehen, die sich durch Sprossung vermehren, d. h. dadurch, dass sich an einem oder an beiden Enden der Zelle die Zellmembran blasenartig ausstülpt, dass sich diese Ausstülpung dann mit einem Theile des Inhalts der Mutterzelle füllt, allmählich Grösse und Form derselben annimmt und sich schliesslich an der Ausstülpungsstelle durch eine Querwand von der Mutterzelle abgrenzt.

Jedoch muss man zweierlei Arten von Hefebildung unterscheiden; einmal kommt es vor, dass einzelne höhere Pilzformen unter gewissen Umständen hefeartige Sprossungen zeigen; und zweitens existirt eine Reihe von Pilzen, die nur in der Hefeform vorkommen und deren eigenthümlicher Charakter eben in der Hefesprossung besteht. Nur die letzteren gehören streng genommen zu der Klasse der Spross- oder Hefepilze. Sie haben ein weiteres gemeinsames Merkmal gewöhnlich darin, dass sie eigenthümliche und eingreifende Zersetzung ihres Nährmediums, Gährung, veranlassen können.

Von höheren Pilzen kommen folgende in Hefezuständen vor:

1) PONFICK, Die Actinomykose, Berlin, Hirschwald 1881; s. dort die übrige Literatur.

1) Einige Arten der Gymnoasci (früher auch als Taphrina bezeichnet; vgl. S. 56), bei denen die Ascosporen, in Wasser oder Zuckerlösung gebracht, hefeartige Sprossung zeigen, während dieselben an der Luft gewöhnliche Keimschläuche bilden. 2) Die Gattung Exobasidium, zu den Hymenomyceten gehörig; dieselbe schmarotzt auf Preisselbeersträuchern, auf Rhododendron etc.; die auf Basidien abgeschnürten Sporen treiben beim Keimen hefeartige Sprossungen. 3) Dematium pullulans; s. S. 78. 4) Mucor racemosus (s. S. 55), der bei längerer Cultur in Flüssigkeiten unter dem Einfluss der Sättigung des Nährmediums mit CO_2 hefeartiges Wachsthum zeigt, wobei sich grosse und kugelrunde Zellen bilden. In zuckerhaltiger Flüssigkeit veranlasst diese Hefeform von Mucor, indem er durch seine starke Anziehung zu freiem Sauerstoff leicht Sauerstoffmangel und Kohlensäureüberladung im Medium hervorruft, eine Spaltung des Zuckers in Kohlensäure und Alkohol (vgl. im folgenden Abschnitt).

Bei den genannten Pilzen sind jedoch die hefeartige Sprossung und die gelegentliche Bildung von Kohlensäure und Alkohol bedeutungslose Attribute, welche namentlich die Classificirung dieser Pilze in keiner Weise berühren. Zu den eigentlichen Hefepilzen sind nur diejenigen zu rechnen, welche ausschliesslich in der Hefeform vorkommen und in dieser ihren constanten naturhistorischen Charakter besitzen. Nur solche selbständige Sprosspilze sind als gesonderte Classe von den übrigen Pilzen abzuzweigen und im Folgenden zu beschreiben. (Mehrfach ist freilich die Ansicht ausgesprochen, dass alle Hefe nur eine gelegentliche, durch abnorme Cultur bedingte Wachsthumsform eines höheren Pilzes sei; nach Bail gehört die Bierhefe zu Mucor mucedo, die Weinhefe zu Botrytis cinerea; nach Berkeley gehören beide zu Penicillium; nach Hoffmann, Bonorden und Hallier zu den verschiedensten Schimmelpilzen, namentlich Mucor und Penicillium. Aber durch die Untersuchungen von Rees und de Bary sind diese Behauptungen als irrig erwiesen. Freilich muss die Möglichkeit zugegeben werden, dass es noch gelingt, höhere Pilzformen zu finden, welche zu den jetzt bekannten Hefearten in näherer Beziehung stehen, und dass dann also die Hefepilze aufhören, als besondere Classe der Pilze zu existiren. — Lit. 63ff.)

Bei der echten Hefe findet sich durchweg die oben beschriebene Vermehrung durch Sprossung. Die neugebildeten Zellen erzeugen weitere Tochterzellen, die sich entweder bald abtrennen und als selbständige Individuen weiter vegetiren, oder die noch eine Zeitlang mit den Mutterzellen verbunden bleiben und so Ketten und Verbände darstellen. Die Zellen haben kugelige oder ovale Gestalt, eine

farblose dünne Membran und körniges Protoplasma, welches mit Zellsaft erfüllte Vacuolen enthält (Fig. 20).

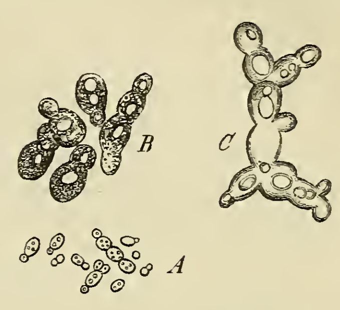


Fig. 20.
Saccharomyces cerevisiae, Hefe.
A. Schwach vergrössert.
B. Unterhefe, stark vergr.
C. Oberhefe, stark vergr.

Bei verschiedenen Hefeformen (Bier- und Weinhefe, Kahmpilz des Weins) gelingt es durch eine besondere Art der Cultur noch eine andere Art der Fortpflanzung zu erzielen. Züchtet man dieselben, nachdem man sie ausgewaschen und von anhaftender Würze befreit hat, auf festem, feuchtem, wenig Nahrung lieferndem Substrat, z. B. auf Kartoffel- oder Mohrrübenscheiben, so entstehen innerhalb der Zellen durch freie Zellbildung, wie in Sporenschläuchen, 2 oder mehrere runde Zellen, die sich mit einer dicken Membran umgeben und nach einiger Zeit durch Auflösung der Mutterzellhaut frei werden; oder auch der gesammte Zellinhalt contrahirt sich zu einem einzigen kugeligen Körper. Die so gebildeten Sporen keimen in Zuckerlösung zu gewöhnlicher Hefe aus (Fig. 21). (Diese Zellbildung deutet auf eine Zugehörigkeit der Hefepilze zu den niedrigsten Ascomyceten, falls sie sich bei allen Formen constatiren lässt.)

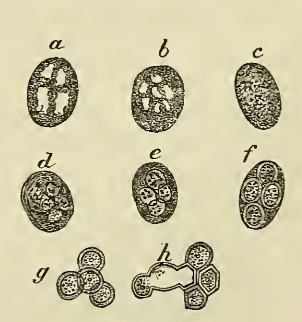


Fig. 21.
Sporenbildung von Sacch. cerevisiae.
a, b. Zellen mit mehreren Vacuolen.
c. Zelle mit gleichmässig körnigem Inhalt.
d. Vier Plasmapartien,
e. aus diesen hervorgegangene junge Sporen.
f. dieselben doppelt conturirt.
g. Freie Sporen nach Auflösung der Membran.
h. Sporen im Beginne der Sprossung. (Nach Rees).

Zuweilen bemerkt man eine Neigung zur Bildung von Mycelfäden. Cultivirt man Hefe an der Luft auf der Oberfläche fester Substanzen, so verlieren die hefeartigen Sprossungen ihre Deutlichkeit, die Einschnürungen werden weniger scharf und die ganze Kette erhält mehr die Form einer gestreckten, dickere und dünnere Stellen zeigenden hyphenartigen Zelle. Die Zellenkette stellt dann eine Myceliumhyphe mit periodisch unterbrochenem Spitzenwachsthum dar; aber niemals kommt es zur Bildung eines vollständigen, aus echten Hyphen bestehenden Mycels oder gar zur Bildung von typischen Fruchtträgern. — Ausgeprägte Fadenbildung beobachtete z. B. Grawitz an den Zellen von Mycoderma vini, und zwar wurden um so längere Fäden gebildet, je zuckerärmer die Nähr-

flüssigkeit war; niemals war aber eine Abschnürung der Spitze oder eine nachträgliche Gliederung an einem gebildeten Faden wahrnehmbar.

Ueber die Lebensbedingungen der Hefe und ihre Wirkung auf das Nährsubstrat s. im folgenden Abschnitt.

Eine Eintheilung der Hefeformen lässt sich nicht wohl auf Grund morphologischer Differenzen durchführen, da dieselben bei verschiedenen Arten zu geringfügig ausfallen, sondern man muss ihre physiologischen Wirkungen und ihre Lebensbedingungen als Classificationsprincip mit zu verwerthen suchen.

Saccharomyces cerevisiae (Cryptococcus cer.), Bier- oder Branntweinhefe. Zellen kugelig oder oval, 8—9 μ[1]) lang; einzeln oder verzweigt in kurzen Ketten. Sporen zu 3 oder 4 in einer Mutterzelle, 4—5 μ im Durchmesser. Bei der Bierbrauerei benutzt; bei der Untergährung, welche zwischen + 4 und + 10° langsam verläuft, setzt sich die Hefe als Unterhefe auf dem Boden des Gefässes ab; die Zellen sind dann meist einzeln oder doch zu wenigen verbunden, Bei der Obergährung, welche zwischen + 14 und 18° stattfindet. reisst der Kohlensäurestrom die Hefe an die Oberfläche der Flüssigkeit und bildet so die Oberhefe, welche mehrgliedrige und ästige Sprossverbände bildet. — Dieselbe Hefe wird in der Bäckerei zum Auftreiben des Teigs benutzt (nam. Oberhefe); ferner dient sie zur Darstellung der Presshefe.

Sacch. ellipsoideus, Weinhefe. Zellen elliptisch, meist 6 μ lang, einzeln oder in verzweigten kurzen Ketten; Sporen meist zu 2—4 in einer Mutterzelle; 3—3½ μ im Durchmesser. — Ist der hauptsächlichste Gährungspilz der spontanen Gährungen, namentlich der Weinmostgährung; daher überall verbreitet.

Sacch. conglomeratus. Zellen rund, zu Knäueln verbunden. Auf faulenden Trauben und im Anfang der Weingährung. — S. exiguus. Zellen kegel- oder kreiselförmig; 5 μ lang, bis 2,5 μ dick. In der Bierhefe bei der Nachgährung. — S. pastorianus. Zellen oval oder keulenförmig. Colonieen bestehen aus primären keulenförmigen 18—22 μ langen Gliedern, welche secundäre seitliche, rundliche oder ovale Tochterzellen, 5—6 μ lang, bilden. Sporen zu 2—4. Bei der Nachgährung des Weins, des Obstweins und bei selbstgährenden Bieren. — S. apiculatus. Zellen citronenförmig, an beiden Enden mit kurzen Spitzchen, 6—8 μ lang, 2—3 μ breit; Sprossungen nur an den spitzen Enden. Selten zu Colonieen verbunden. Sporen

1) Die im Folgenden vielfach gebrauchte Bezeichnung μ bedeutet Mikromillimeter = 0,001 Millimeter.

unbekannt. Neben anderer Hefe bei verschiedenen spontanen Gährungen. — S. sphaericus. Die basalen Zellen einer Colonie oblong oder cylindrisch, 10—15 μ lang, 5 μ dick, die übrigen kugelig, 5—6 μ Durchmesser; zu verzweigten Familien verbunden. Sporen unbekannt.

Sacch. mycoderma (Mycoderma cerevisiae et vini), Kahmpilz. Zellen oval, elliptisch oder cylindrisch, 6—7 μ lang, 2—3 μ dick, reichverzweigte Ketten bildend. Sporenbildende Zellen bis 20 μ lang; Sporen zu 1—4 in jeder Mutterzelle. Bildet die sog. Kahmhaut auf gegohrenen Flüssigkeiten und wächst auf der Oberfläche, ohne Gährung zu erregen; man findet ihn namentlich auf Wein; dann auf Bier, Fruchtsäften, Sauerkraut etc.

Früher nahm man an, dass der Kahmpilz die Essiggährung in gegohrenen Flüssigkeiten veranlasse; nach Nägeli ist jedoch das Verhältniss des Pilzes zur Essigbildung ein anderes. Man findet den Kahmpilz besonders auf der Oberfläche stark sauerer Flüssigkeiten, z. B. alkoholarmer Weine; dabei bewirkt er zunächst durchaus keine Essigbildung; diese rührt vielmehr her von specifischen Spaltpilzen, die aber Anfangs in der stark saueren Flüssigkeit nicht vegetiren können. Die Kahmpilze wirken nun zunächst wie eine Schimmeldecke: sie veranlassen die Verbrennung der Säure und vermindern den Säuregehalt der Flüssigkeit. Dadurch bereiten sie den Boden für die Ansiedlung und Vermehrung der essigbildenden Spaltpilze; das Auftreten der Kahmhaut ist daher nothwendige Vorbereitung und Einleitung der Essiggährung. — Nägeli unterscheidet folgende Decken auf gegohrenen Flüssigkeiten: 1) Essigmutter, wird sehr dick, zäh, gallertartig, mit glatter Oberfläche; oxydirt den Alkohol zu Essigsäure, besteht aus Spaltpilzen, Mycoderma aceti. 2) Essighäutchen, dünn, schleimig, glatt oder feinrunzelig, oxydirt den Alkohol zu Essigsäure, besteht aus Spaltpilzen, Mycoderma cerevisiae. 3) Kahmhaut, Gekrösehaut; ziemlich stark und fest, gekröseähnlich gefaltet; besteht aus Sprosspilzen, Saccharomyces mesentericus, welche die Fruchtsäuren verzehren; später siedelt sich darin ausserdem der Essigpilz (Spaltpilz) an, welcher den Alkohol zu Essigsäure oxydirt. Mycoderma vini. 4) Falsche Kahmhaut, Glatthaut; ziemlich stark, aber faltenlos, von körnig lockerem Zusammenhang, besteht aus Sprosspilzen, verzehrt die Fruchtsäuren nicht in bemerkbarer Weise und erlaubt dem Essigpilz nicht sich anzusiedeln. 5) Essigätherhäutchen; dünn, ungefaltet. Besteht aus Sprosspilzen (Saccharomyces sphaericus) und aus Spaltpilzen (Essigpilz), deren gleichzeitige Thätigkeit einen Theil des Zuckers in Essigäther überführt. — Essigmutter und Essighäutchen stellen sich auf geistigen Flüssigkeiten ein, die wenig Fruchtsäuren enthalten, dagegen ziemlich viel Essigsäure enthalten können, so namentlich auf Bier, auf Essig, welchem Wein oder Bier zugesetzt wird, selten auf schwachsaueren Weinen. Die Kahmhäute dagegen erscheinen regelmässig auf Flüssigkeiten, die eine gewisse Menge von Fruchtsäuren besitzen; die Gekrösehaut auf gegohrenem Weinmost und anderen Fruchtsäften, die Glatthaut zuweilen auf eben solchen Flüssigkeiten, welche durch Zucker und andere Zusätze verändert wurden.

Wird der Kahmpilz künstlich gezwungen, untergetaucht in Flüssigkeiten zu vegetiren, so wird eine geringe Menge Alkohol gebildet, aber der Pilz geht dann bald zu Grunde.

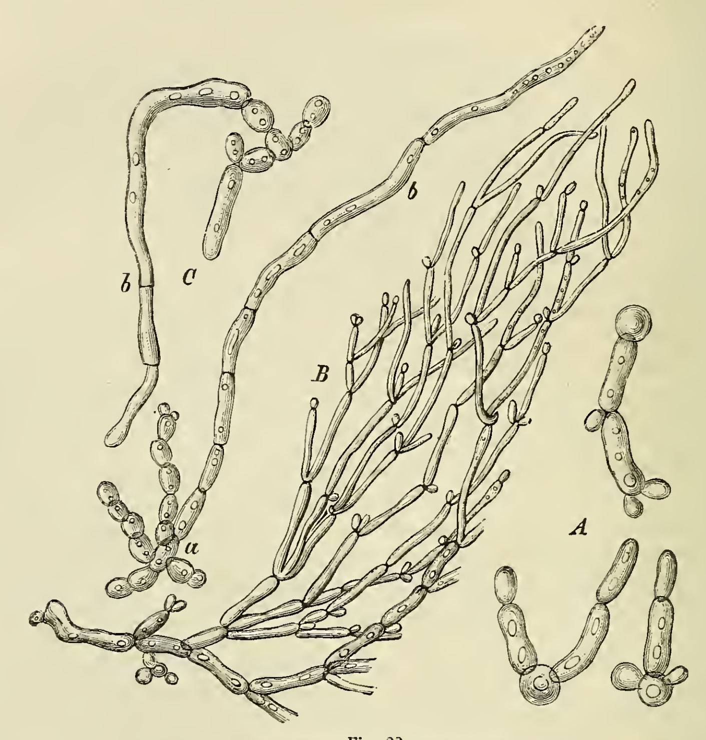


Fig. 22.
Der Soorpilz, Sacch. mycoderma.
A. Keimlinge, stark vergr.
B. In dünnen Nährlösungen gezüchtetes ästiges Mycel mit wenig Seitenknospen.
C. Bei *a* Hefestadium, bei *b* Mycelstadium des Soorpilzes. (Nach Grawitz)

In wässrigen, zuckerarmen, sauren Flüssigkeiten bilden die Zellen oft längere Schläuche, die dann weitere Sprossungen treiben, so Querwände erhalten und schliesslich an diesen in die einzelnen Zellen zerfallen. Letztere sprossen dann ihrerseits in gleicher Weise (Cienkowsky). — Diese Bildungen sind namentlich an dem im Folgenden beschriebenen Sacch. albicans beobachtet, der übrigens mit Sacch. mycoderma völlig identisch zu sein und vielleicht keines besonderen Namens zu bedürfen scheint.

Saccharomyces albicans. Früher als Oïdium albicans beschrieben (s. S. 58), von Grawitz für identisch mit S. mycoderma erklärt. Zellen theils kugelig, theils oval bis cylindrisch, 3,5—5 μ

dick; die cylindrischen Zellen 10—20mal so lang als dick. Die Sprosscolonieen bestehen meist aus Reihen cylindrischer Zellen, aus deren Enden Reihen ovaler oder kugeliger Zellen hervorsprossen. Sporen einzeln, in rundlichen Zellen gebildet. Kommt als „Soor" auf der Mundschleimhaut, namentlich von Säuglingen vor und bildet dann grauweisse Häufchen, die ausserdem noch Epithelien, Schizomyceten, Hefezellen und Mycelien verschiedener Schimmelpilze enthalten. In zuckerhaltiger, zugleich weinsaures Ammoniak und Aschenbestandtheile enthaltender Nährlösung sind die Soorpilze leicht zu cultiviren; je nach dem Zuckerreichthum sprossen die Zellen entweder zu langen Fäden aus, oder, in starken Zuckerlösungen, gehen aus einer Mutterzelle nach den verschiedensten Richtungen 4—8 Tochterzellen ab, die meist rund gestaltet sind und zu semmelartigen Zellenreihen werden (Grawitz, Lit. 73).

Saccharomyces glutinis (Cryptococcus gl.). Zellen kugelig oval bis kurz cylindrisch, 5—11 μ lang, 4 μ breit; isolirt oder zu 2 verbunden. Zellmembran und Inhalt in frischem Zustande farblos, nach dem Eintrocknen wieder befeuchtet mit einem schwach röthlichen Kern in der Mitte. Sporenbildung unbekannt. — Bildet rosafarbene schleimige Flecken auf Stärkekleister, Kartoffelscheiben, die mit Microc. prodigiosus verwechselt werden können. Der Farbstoff wird durch Säuren und Alkalien nicht verändert.[1])

Von seltenem Vorkommen oder zweifelhafter Selbständigkeit sind noch folgende Arten: S. inaequalis; S. nebulosus; S. guttulatus. Ferner Cryptococcus alvearius, der bei der Faulbrut der Bienen in der faulbrütigen Masse gefunden und als Ursache der Erkrankung angesprochen wurde. Neuerdings werden jedoch Spaltpilze als die muthmasslichen Erreger dieser Infection bezeichnet (Bollinger).

C. Spaltpilze, Schizomycetes.

Die Spaltpilze sind kleinste einzellige, kugelige oder fadenförmige Pflanzen, welche sich durch Theilung vermehren, entweder frei oder zu Colonieen vereinigt leben, und zum Theil lebhafte Bewegung zeigen. Durch ihre rasche Vermehrung und ihren energischen Stoffwechsel pflegen sie eine beträchtliche Alteration ihres Nährbodens zu bewirken; einzelne erzeugen dabei auffallende Farbstoffe, andere rufen bestimmte Gährwirkungen hervor, wieder andere vermögen sich im lebenden thierischen oder menschlichen Körper zu vermehren und denselben krank zu machen.

1) Cohn's Beiträge, Bd. I, Heft 2, S. 187.

Die Form der Zellen ist entweder kugelig oder oval, und dann bezeichnet man sie als Mikrokokken; oder sie sind zu einem kurzen Stäbchen gedehnt, so dass der Längsdurchmesser den Querdurchmesser deutlich übertrifft, dann unterscheidet man sie als Bakterien; oder es findet ein starkes Ueberwiegen des Längsdurchmessers statt, so dass sie als längere Stäbchen, Bacillen, oder bei noch stärkerer Verlängerung als Fäden erscheinen. Im letzteren Falle zeigen sich solche fadenförmige Zellen oft nicht gerade, sondern wellenförmig gebogen oder schraubenartig gewunden; man nennt diese Formen dann Spirillum, Vibrio oder Spirochaete.

Alle diese Zellformen bestehen aus Zellmembran und Zellinhalt. Letzterer erscheint wie gewöhnliches Protoplasma, ist ungefärbt (mit Ausnahme einiger roth gefärbter Mikrokokkenformen, s. unter Cohnia und im Anhang unter Monas), und enthält oft kleine ölartige Körnchen, zuweilen auch dunkele, stark lichtbrechende Körperchen, die aus Schwefel bestehen (Beggiatoen und rothe Fäulnissorganismen). Beim Absterben und Degeneriren der Zellen tritt eine ausgeprägtere Trübung und körniger Zerfall des Protoplasmas ein. — Die äussere Schicht der Zellmembran erscheint quellbar und oft in eine Art Gallerthülle verwandelt; letztere ist zuweilen unter Anwendung von Färbemitteln sichtbar zu machen, kann aber meist nur aus dem Verhalten nebeneinanderliegender Zellen erschlossen werden. (Prazmowski, Lit. 62). — An manchen Zellformen sieht man mit stärksten Vergrösserungen in der Verlängerung der Längsachse fadenförmige Geisseln; dieselben wurden bis jetzt gefunden bei Spirillum volutans, Spirillum Undula, Vibrio Rugula, bei verschiedenen Bacillen, bei Bacterium termo, bei den rothen Fäulnissmonaden. Die Geisseln sind gewöhnlich erst nach besonderen Vorbereitungen — Eintrocknen, Färben mit conc. wässriger Lösung von Extr. campech. — wahrzunehmen; zuweilen verräth sich ihre Gegenwart nur durch die eigenthümlich wirbelnde Bewegung der Flüssigkeit an den Enden der Zellen. Man darf aber vermuthen, dass Geisseln überall vorhanden sind, wo wir spontane, lebhafte Bewegungen an Spaltpilzen wahrnehmen, und dass dieselben nur wegen ihrer ausserordentlichen Feinheit sich oft der Beobachtung entziehen.

Einige Formen von Spaltpilzen sind stets in Ruhe; so zeigen die kugligen Zellen, die Mikrokokken, immer nur zitternde Bewegung mit ganz geringer Ortsveränderung, die auf unvermeidliche Erschütterungen und Strömungen zurückzuführen ist; niemals sieht man sie grössere Entfernungen durchmessen. Andere Formen, Bakterien, Bacillen und Spirochaeten kommen bald in Ruhe, bald in lebhafter Be-

wegung vor. Diese Bewegung scheint dann theils in einer Rotation um die Längsachse, theils in Beugungen und Streckungen zu bestehen; als eigentliche Ursache des Anstosses und der Unterhaltung der Fortbewegung scheint man aber Schwingungen der nachgewiesenen oder hypothetischen Geisselfäden ansehen zu müssen. Die Bewegung erfolgt in der Richtung der Längsachse nach vorn und nach hinten; bald ist sie langsam, wackelnd und rollend, bald lebhaft und schiessend, so dass das Gesichtsfeld im flüchtigsten Moment durcheilt ist. Die verschiedensten Aenderungen der äusseren Verhältnisse, so Temperaturwechsel, Abschluss von Sauerstoff etc., pflegen die Bewegung zu verlangsamen und zu sistiren.

Im Ruhezustand bleiben die Spaltpilze entweder vereinzelt oder sie lagern sich zu Colonieen zusammen. Die durch Theilung entstandenen Tochterzellen trennen sich dann häufig nicht, sondern bleiben durch eine Gallerthülle verbunden; schliesslich entstehen grosse Conglomerate von Zellen, die alle durch gallertartige Intercellularsubstanz vereinigt sind. Man bezeichnet diese Form als Zoogloea; dieselbe ist am häufigsten bei Mikrokokken und Bakterien, aber auch bei kurzen Bacillen und Spirochaeten beobachtet. Die äussere Form der Zoogloeamasse ist eine sehr verschiedene; bald ist sie kugelig, bald knollenförmig, bald gelappt; zuweilen kommt eine sehr eigenthümliche baumartige Verzweigung vor; in einzelnen Fällen bilden sich dicke knorpelige Kapseln aus. Im Ganzen ist die Zoogloeabildung durchaus der Bildung von Gallertkapseln bei einigen Algenfamilien (nam. Phycochromaceen) ähnlich.

In stärkerer Anhäufung, mag diese nun in einfacher Uebereinanderlagerung und Schwarmbildung oder in Zoogloeabildung bestehen, machen sich die Spaltpilze auch dem unbewaffneten Auge häufig bemerkbar. In Flüssigkeiten bilden sie entweder diffuse oder wolkige Trübungen; oder sie bedecken als dünnere oder dickere Häutchen die Oberfläche; oder Zoogloeamassen zeigen sich als schwimmende Flocken; oder endlich es liegt auf dem Boden ein pulveriger Niederschlag von Spaltpilzen, die in dieser Form sich ablagern, wenn die Nährstoffe der Flüssigkeit erschöpft sind und letztere nicht mehr im Stande ist, eine weitere Vermehrung der Spaltpilze zu ermöglichen. Auf festem Nährboden, der aber stets stark wasserhaltig sein muss, erscheinen sie als trockene Häufchen oder als schleimige Tropfen von verschiedener Färbung und Durchsichtigkeit, oder sie bewirken eine Verflüssigung des Substrats und eine grubenförmige Vertiefung.

Die Vermehrung der Spaltpilze erfolgt hauptsächlich, aber nicht ausschliesslich, durch einfache Theilung; nur bei Sarcine beob-

achtet man gleichzeitige Theilung nach mehreren Richtungen, so dass gewöhnlich eine Viertheilung der Zelle resultirt. Bei den kugelförmigen Mikrokokken scheint die Theilung nach beliebigen Richtungen zu erfolgen, bei den stäbchenförmigen Zellen dagegen immer nur im Querdurchmesser. Vor der Spaltung wachsen die Zellen in die Länge; dann entsteht gewöhnlich eine deutliche Einschnürung in der Mitte der Längswandungen, und schliesslich trennen sich an der Einschnürungsstelle die 2 Hälften. Beide nun selbständige Individuen können dann entweder getrennt weitere Spaltung erfahren, oder sie bilden, vielleicht durch zarte Gallerthülle verbunden, Ketten und Scheinfäden, indem die Quertheilung immer weiter in derselben Richtung vor sich geht; oder endlich sie betheiligen sich unter starker Production von Gallertsubstanz an der Bildung von Zoogloeamassen, innerhalb deren die Theilung der einzelnen Zellen noch weitergehen kann, so eine dichtere Anhäufung in der Zoogloea bewirkend. — Die Quertheilung ist meist sehr rasch beendet; bei 35° konnte man an Bacillen bereits nach 20 Minuten eine vollendete Theilung beobachten; äussere und individuelle Einflüsse vermögen diese Zeit zu variiren, immerhin ist ersichtlich, dass die Vermehrung der Spaltpilze innerhalb eines oder einiger Tage ins Ungeheuere fortschreiten muss. Geht man von einem einzigen Spaltpilz aus und nimmt an, dass jedes Individuum 1 Stunde gebraucht, um auszuwachsen und sich zu theilen, so sind nach Ablauf eines Tages aus dem einen Spaltpilze etwa 16 Millionen geworden, während am folgenden Tage die Zahl derselben Billionen beträgt.

Ausser der Vermehrung durch Theilung kommt bei vielen Spaltpilzen unter besonderen Umständen — namentlich dann, wenn die Nährstoffe der Erschöpfung entgegen gehen — eine wirkliche Fructification, eine Sporenbildung im Innern der Zelle vor. Dieselbe ist bis jetzt nur bei Bacillen (vereinzelt auch bei Vibrio und Bacterium) sicher beobachtet; bei diesen ist aber ihr Verlauf nicht immer der gleiche. In der Mehrzahl der Fälle wachsen die Bacillen vor der Sporenbildung zu langen Fäden aus; unter günstigen Verhältnissen erreichen sie schon innerhalb 3—4 Stunden die 20fache Länge der ursprünglichen Bacillen. Die Fäden sind vielfach gewunden, zu Büscheln vereinigt, oder zu einem dichten Netzwerk verflochten und haben einen homogenen blassen Inhalt. Nach einigen weiteren Stunden beginnen die Gliederungen dieser Scheinfäden deutlicher hervorzutreten; gleichzeitig trübt sich der Inhalt und in regelmässigen Abständen treten in den Fäden kleine, stärker lichtbrechende Körnchen auf. Nach im Ganzen etwa 20 Stunden haben sich aus diesen meist eirunde,

dunkelcontourirte und stark lichtbrechende Sporen gebildet, die in perlschnurartiger Anordnung in den Fäden liegen; letztere lösen sich allmählich auf, und die Sporen bestehen von da ab frei und sinken in den Flüssigkeiten zu Boden. — Ein anderer Modus der Sporenbildung besteht darin, dass die Bacillen nicht zu längern Scheinfäden auswachsen, sondern sich zunächst verdicken; dabei nehmen sie Spindel-, Ellipsoid- oder Kaulquappenform an, gleichzeitig wird das ganze Plasma verdichtet und die Membran verdickt. Dann trübt sich der Inhalt, es sondert sich ein grösserer, stark lichtbrechender Tropfen aus, der sich zur Spore ausbildet. (Sporenbildung bei Clostridium butyricum nach PRAZMOWSKI.) Die Sporen erscheinen isolirt als kugelige, meist aber länglich eiförmige Zellen, von 1—2,5 μ Längendurchmesser und 0,5—1 μ Dickendurchmesser. Besonders auffällig ist ihr starkes Lichtbrechungsvermögen; es macht den Eindruck, als ob ihr Inhalt aus einem glänzenden Oeltropfen bestände. Gleichwohl wird der Lichtglanz durch Kochen mit Aether nicht geändert, so dass der Inhalt nicht sowohl als Fett, sondern vielmehr als verdichtetes Protoplasma angesehen werden muss. Deutlich tritt eine dicke Membran hervor; man kann an derselben zwei Schichten, ein Exosporium und ein Endosporium unterscheiden, und ausserhalb derselben tritt noch ein eigenthümlicher Lichthof auf, der bald als kugelige glashelle Masse aufgefasst wird, in welche die Zelle eingebettet ist, bald dagegen als lediglich optische Erscheinung, bedingt durch den starken Lichtglanz der Spore.

Die Sporen können in guter Nährlösung und bei angemessener Temperatur wieder in Bacillen auskeimen; doch erfolgt dieser Act häufig erst nach einem längeren Ruhestadium und selten in derselben Nährlösung, in welcher die Sporen gebildet waren. Die Keimung selbst beobachtete KOCH in der Weise, dass die glashelle kugelige Masse, in welche die Sporen eingebettet sind, eiförmig wird und sich fadenförmig verlängert, während die Spore verblasst und schliesslich verschwindet. Nach PRAZMOWSKI und BREFELD schwellen die Sporen zunächst an, wobei sie abblassen, die dunkle Contour und den hellen Hof verlieren; dann treten entweder an beiden Polen halbmondförmige dunkele Schatten auf, und unter zitternder, tanzender Bewegung der Spore baucht sich an der einen Längsseite eine Papille aus, die zum Stäbchen auswächst; oder in anderen Fällen dringt der Keimschlauch in der Richtung der Längsachse der Spore hervor, nachdem die Sporenhaut in ihrem ganzen Umfange sich gleichmässig verdickt hatte. Das Endosporium wird dabei zur Membran des Keimlings, während das abgestossene Exosporium

noch längere Zeit neben den gebildeten Stäbchen liegen zu bleiben pflegt.

Die Sporen haben ein ganz besonderes hygienisches Interesse dadurch, dass sie ausserordentlich viel resistenzfähiger sind als die gewöhnlichen Spaltpilze; sie stellen eine Dauerform dar, welche sich unter den heterogensten Verhältnissen lebensfähig erhält und selbst durch Siedhitze nicht immer getödtet wird (s. im folg. Abschnitt). Bisher wurde Sporenbildung fast nur bei Bacillen beobachtet; ob auch andere Spaltpilzformen, namentlich Mikrokokken, ähnliche Dauerformen zu liefern vermögen, ist noch unsicher; doch spricht der Umstand, dass man in sorgfältig verschlossenen, stark erhitzten und hernach dennoch durch Spaltpilze bevölkerten Nährlösungen bis jetzt stets nur Bacillen und ähnliche Formen, aber nie Mikrokokken gefunden hat, dafür, dass nur die Bacillen Dauerformen von solcher Resistenz zu liefern vermögen, und dass, wenn Sporenbildung bei Mikrokokken vorkommt, diese doch wenigstens nicht dieselbe hygienische Bedeutung hat wie bei den Bacillen.

Ausser der Sporenbildung soll nach Neelsen auch zuweilen eine Bildung von gonidienartigen Körpern in Bacillen vorkommen; doch ist die betr. Beobachtung an nicht reinem Material gemacht und daher einstweilen anzuzweifeln.

Betreffs der chemischen Zusammensetzung der Spaltpilze ergaben die bis jetzt angestellten Analysen zunächst einen Wassergehalt von 83—85%; die trockne Substanz enthielt 6—8% fettartige, durch Aether extrahirbare Verbindungen, 5% Asche; die Hauptmenge machte ein eigenthümlicher Eiweisskörper aus, der von allen bisher bekannten Eiweisssubstanzen durch Reactionen und durch seine elementare Zusammensetzung verschieden ist, und der „Mykoprotein“ genannt ist (Nencki).[1] — Auch die Zellmembran besteht nicht etwa ausschliesslich aus einem celluloseartigen Körper, sondern das Mykoprotein bildet einen constanten Bestandtheil derselben; und ebenso ist auch die Gallerthülle, welche die Spaltpilze häufig umgiebt, sowie die Zoogloeamasse keine Celluloseart, sondern besteht fast ausschliesslich aus Mykoprotein. (Vgl. im folg. Abschn.) — Ausser diesen allgemeinen Bestandtheilen finden sich zuweilen noch besondere chemische Körper, die für eine bestimmte Bakterienart charakteristisch sind; so ist in einigen Formen Schwefel gefunden

1) M. Nencki, Beiträge zur Biologie der Spaltpilze, Leipzig 1880.

(Beggiatoa); ferner färben sich manche Spaltpilze mit Jod oder mit Jod und organischen Säuren violett oder blau (Clostr. butyricum, Leptothrix buccalis etc.).

Die Entwickelung und Vermehrung der Spaltpilze erfolgt auf den verschiedensten Nährsubstraten und ihre nothwendigen Lebensbedingungen liegen innerhalb sehr weiter Grenzen. Ihr Mangel an Chlorophyll gestattet ihnen zwar nicht eine so ausgedehnte Synthese, wie diese bei den übrigen Pflanzen stattfindet; wohl aber ist es den Spaltpilzen möglich, aus relativ einfachen Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen, und namentlich auch aus Ammoniak die hochconstituirten Substanzen ihres Körpers aufzubauen. Complicirtere Verbindungen können ihnen dabei eben so gut als Nährmaterial dienen, und so ist eine sehr weitgehende Variirung geeigneter Nährsubstrate möglich. Unerlässlich zu ihrer Ernährung sind die Aschenbestandtheile, welche sie enthalten; ferner muss ihnen die Nahrung in einer gewissen Verdünnung, mit reichlichem Wassergehalt zu Gebote stehen. Zu einer lebhafteren Entwickelung von Spaltpilzen gehört ausserdem eine geeignete Temperatur, und für einige Spaltpilzarten auch die Gegenwart von Sauerstoff. Dieser ist jedoch merkwürdigerweise nicht für alle Bakterien Lebensbedingung, sondern einige Formen werden sogar durch Anwesenheit von Sauerstoff in ihrem Wachsthum gehemmt und getödtet, und vermögen nur bei Sauerstoffmangel zu wachsen und sich zu vermehren. Danach theilt man die Spaltpilze in zwei grosse Classen: Aërobien und Anaërobien (Pasteur), unter welchen letzteren eben jene eigenthümlichen, nur bei Sauerstoffabschluss gedeihenden Bakterien zusammengefasst werden.

Bei ihrer Ernährung und Vermehrung vermögen die Spaltpilze einige besonders auffallende Wirkungen auszuüben; so bilden sie häufig Farbstoffe, die das Aussehen des Nährsubstrats völlig verändern; oder sie rufen Gährungen hervor, bei denen organische Säuren, wie Milchsäure, Buttersäure, zuweilen auch Ammoniak und daneben oft Wasserstoff, Kohlensäure und andere Gase gebildet werden; oder endlich die Vermehrung findet in den Säften und Geweben des lebenden thierischen oder menschlichen Körpers statt, und dieser wird dadurch krankhaft afficirt. Man kann somit pigmentbildende, gährungerregende oder zymogene, und pathogene Spaltpilze unterscheiden.

Eine systematische Eintheilung nach Art der übrigen Pilze, bei welchen Verschiedenheiten der Fructificationsorgane und der Fortpflanzung die leitenden Merkmale abgeben, ist bei den Spaltpilzen nicht möglich, da wir die gleiche Vermehrungsweise

durch Theilung bei allen Formen, und ausserdem nur noch in bisher nicht zu begrenzender Verbreitung eine Sporenbildung in den Zellen kennen. Eine Unterscheidung und systematische Uebersicht der Spaltpilze ist vielmehr lediglich dadurch möglich, dass wir die äussere Form derselben, ferner Eigenthümlichkeiten ihres Verhaltens, wie Zoogloeabildung, Beweglichkeit, Sauerstoffbedarf, Aufnahme gewisser Farbstoffe und vor allem ihre Einwirkung auf das Nährsubstrat berücksichtigen und zur Unterscheidung mit heranziehen. Auf diese Weise entsteht freilich nur ein künstliches, provisorisches System von vermuthlich kurzer Dauer, und es ist vorauszusehen, dass manche einstweilen unterschiedene Arten wieder untergehen und mit anderen zu vereinigen sein werden. Aber andererseits ist gar kein Zweifel, dass eine möglichst genaue Unterscheidung der jetzt in ihrem Verhalten und in ihren Wirkungen uns als verschieden imponirenden Spaltpilze das einzige Mittel bietet, um in gemeinsamer Arbeit die Erkenntniss dieser wichtigen Organismen zu fördern, und dass ohne eine Verständigung über die bis jetzt beobachteten Differenzen keine Schritte gethan werden können, um zu einem natürlicheren und bleibenden System der Spaltpilze zu gelangen.

Bei der im Folgenden gegebenen Uebersicht ist vorzugsweise die Cohn'sche Eintheilung zu Grunde gelegt; die einzelnen Gattungen sind darin möglichst auf morphologische Differenzen gegründet; innerhalb der einzelnen Gattung geben oft biologische Differenzen die Merkmale zu weiterer Classificirung. In neuester Zeit ist allerdings von einigen Forschern ein Uebergang mehrerer bisher unterschiedener Formen in einander behauptet; doch erscheinen diese Einwürfe kaum geeignet, das Cohn'sche System völlig umzustossen. Die Bedeutung der einschlägigen Beobachtungen lässt sich nur im Zusammenhang mit einigen anderen Fragen, und namentlich mit der Frage nach der Constanz der Eigenschaften der Spaltpilze und ihrer Anpassung an äussere Verhältnisse, vollkommen würdigen, und kann daher erst im folgenden Abschnitt eingehender besprochen werden.

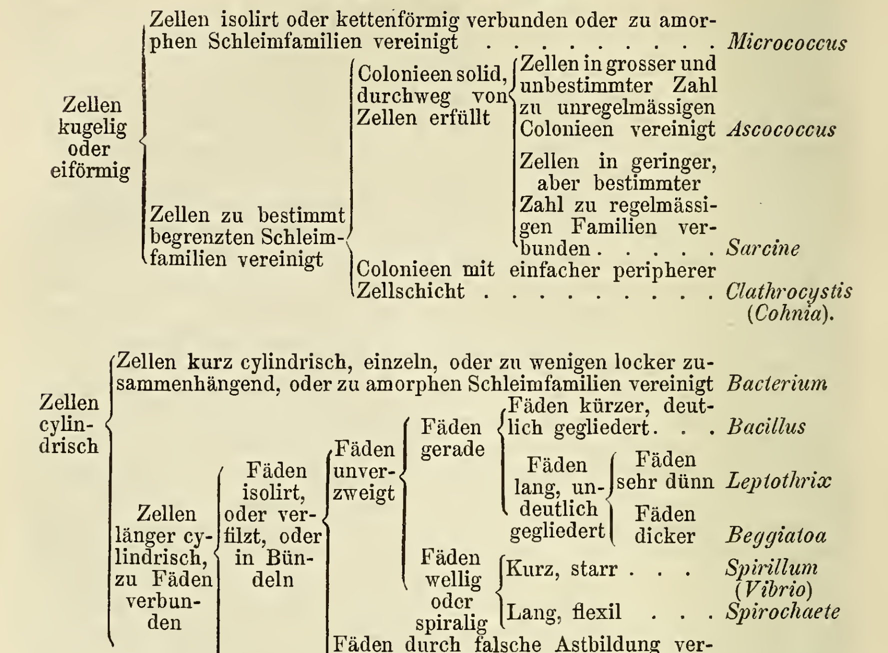
Die Spaltpilze wurden zuerst von Ehrenberg 1830 beobachtet und den Infusorien zugerechnet; er bezeichnete sie als Vibrionen und unterschied als Gattungen Bacterium, Vibrio, Spirillum, Spirochaete. Dujardin rechnete viele derselben den Pflanzen zu; Cohn[1]) begründete 1853 zuerst ihre durchaus pflanzliche Natur; Nägeli fasste sie unter der Bezeichnung Schizomycetes, Spaltpilze, zusammen. — Die Spaltpilze zeigen mit

---

1) Ehrenberg, Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen. Leipz. 1838. — Dujardin, Hist. natur. des Zoophytes, Paris 1841. — Cohn, Nov. Act. Acad. Leop. Carol. 1853.

einigen anderen dem Pflanzen- oder Thierreich zugerechneten Organismen so grosse Aehnlichkeit, dass eine scharfe Abgrenzung der Gruppe auch heute noch kaum möglich ist. Eine solche Aehnlichkeit besteht z. B. zwischen den geisselführenden Bacillen und Spirochaeten einerseits und den mundlosen, keine feste Nahrung aufnehmenden, starren, geisselführenden Monaden andererseits; und es scheint nöthig zu sein, die Gattung Monas zu trennen und theilweise den Infusorien und damit dem Thierreich zuzurechnen, anderentheils aber mit den Bakterien zu vereinigen. Diejenigen Formen von Monas, welche vorzugsweise zu einer Verwechslung mit Bakterienformen führen können, sollen daher hier anhangsweise aufgeführt werden. — Ferner besteht eine stark ausgesprochene Aehnlichkeit der Spaltpilze mit gewissen niederen Algen. Sieht man nur auf die morphologischen Merkmale, so sind in der That kaum Unterschiede zwischen einigen Gattungen vorhanden; Mikrokokken und Bakterien, die im Ruhezustand Schleimfamilien bilden, schliessen sich aufs engste an die Chroococcaceen an, während Bacillen und Spirochaeten sich mehr den Oscillarien anreihen. Die Algen unterscheiden sich von den gleichgestalteten Spaltpilzen wesentlich nur durch den Chlorophyllgehalt und durch das Fehlen auffallender Zersetzungen des Nährsubstrats bei ihrer Vegetation. Doch sind diese Unterschiede kaum hinreichend, die ähnlichen Formen zu trennen; und wenn an dieser Stelle einstweilen noch eine getrennte Behandlung der Spaltpilze und der niederen Algen beibehalten wird, so geschieht dies nur mit Rücksicht auf den bisher allgemein geübten Gebrauch, mit dessen Beseitigung nicht wohl in einem vorzugsweise für Mediciner bestimmten Handbuche begonnen werden kann. Ein zusammenfassendes System, welches Spaltpilze und zugehörige Algen unter dem gemeinsamen Namen Schizophytae vereinigt und ebenfalls von Cohn aufgestellt ist, findet sich am Schluss der Besprechung der niederen Algen (s. unten). Zahlreiche andere Benennungen sind für die Spaltpilze früher gewählt und zum Theil noch heute in Gebrauch. Pasteur bezeichnet sie als Champignons, Infusoires, Animalcules, unterscheidet Torulacées, Bactéries, Vibrions, Monades etc. Andere Ausdrücke sind: Mikrozyma (Béchamp), Bacteridium (Davaine), Mikrosporon (Klebs), Spalthefe (Nägeli); sehr gebräuchlich ist der Name „Bakterien“ für die ganze Gruppe der Spaltpilze. — Billroth unterscheidet zwei Formen, Coccos und Bacteria, die beide von einer gemeinsamen Pflanze Coccobacteria herstammen sollen; nach der Grösse lassen sich jene als Mikro-, Meso-, Megacoccos und Mikro-, Meso- und Megabacteria trennen; bilden sich schleimige Hüllen (Glia), so entsteht Gliacoccos, oder wenn die Hüllen in Form von häutigen Platten auftreten, Petalococcos, Petalobacteria. Die isolirten Kügelchen nennt Billroth Monococcos, Doppelkügelchen Diplococcos, Ketten von Kügelchen Streptococcos. — Klebs unterscheidet Mikrosporinen und Monadinen (s. im folg. Abschnitt). — Eine einheitliche Nomenclatur erscheint dringend nöthig, um einer weiteren Verwirrung auf diesem Gebiete vorzubeugen.

Uebersicht der Gattungen.[1])



- Zellen kugelig oder eiförmig
  - Zellen isolirt oder kettenförmig verbunden oder zu amorphen Schleimfamilien vereinigt . . . . *Micrococcus*
  - Zellen zu bestimmt begrenzten Schleimfamilien vereinigt
    - Colonieen solid, durchweg von Zellen erfüllt
      - Zellen in grosser und unbestimmter Zahl zu unregelmässigen Colonieen vereinigt *Ascococcus*
      - Zellen in geringer, aber bestimmter Zahl zu regelmässigen Familien verbunden . . . . . *Sarcine*
    - Colonieen mit einfacher peripherer Zellschicht . . . . *Clathrocystis* (*Cohnia*).
- Zellen cylindrisch
  - Zellen kurz cylindrisch, einzeln, oder zu wenigen locker zusammenhängend, oder zu amorphen Schleimfamilien vereinigt *Bacterium*
  - Zellen länger cylindrisch, zu Fäden verbunden
    - Fäden isolirt, oder verfilzt, oder in Bündeln
      - Fäden unverzweigt
        - Fäden gerade
          - Fäden kürzer, deutlich gegliedert. . . *Bacillus*
          - Fäden lang, undeutlich gegliedert
            - Fäden sehr dünn *Leptothrix*
            - Fäden dicker *Beggiatoa*
        - Fäden wellig oder spiralig
          - Kurz, starr . . . *Spirillum* (*Vibrio*)
          - Lang, flexil . . . *Spirochaete*
      - Fäden durch falsche Astbildung verzweigt . . . . *Streptothrix*, *Cladothrix*
    - Fäden in rundliche Gallertmassen eingeschlossen *Myconostoc.*

Von zweifelhafter Zugehörigkeit zu den Spaltpilzen:
Crenothrix, Sphaerotilus, Spiromonas, Rhabdomonas, Monas Okenii, Warmingii, vinosa.

I. Gattung, Micrococcus.

Kugelige oder ovale Zellen, die meisten unter 1 μ im Durchmesser. Theilen sich nur in einer Richtuug; nach der Theilung hängen die Zellen oft paarweise aneinander und sind dann stark eingeschnürt; sie sind in diesem Stadium leicht zu verwechseln mit kurzen Stäbchen, und nur die spitzwinkelige Einschnürung und die kugelige Form der Einzelglieder kann hier die richtige Diagnose ermöglichen. Zuweilen bleibt es trotzdem zweifelhaft, ob ein einzelner Spaltpilz als getheilter Micrococcus (Diplococcus) oder als Stäbchen aufzufassen ist, und eine Entscheidung ist nur möglich, wenn andere gleiche Mikrokokken vereinzelt danebenliegen oder in anderer Gruppirung sich finden. (Vgl. Gattung Bacterium.) — Oft

1) Vgl. Rabenhorst (16), S. 37.

bleiben auch mehrere Zellen mit einander verbunden und dann entstehen rosenkranzartige Ketten = Torulaform. Die Ketten legen sich auch wohl in unregelmässiger Weise an einander und bilden Colonieen. Häufiger aber wird bei solcher Coloniebildung zugleich eine grössere Menge schleimiger Intercellularsubstanz ausgeschieden, und eine Zoogloea gebildet, in der die kugeligen Zellen dicht gedrängt liegen und welche unter dem Mikroskop ein dichtpunktirtes oder feingekörntes, chagrinartiges Aussehen zeigt (Fig. 23).[1] Die Intercellularsubstanz erscheint weniger reichlich entwickelt, als bei der Zoogloeaform von Bacterium, und ausserdem schwerer in Wasser löslich. — Die meisten Beobachter haben an Mikrokokken nur eine zitternde Molekularbewegung wahrnehmen können; die Fälle, in denen wirkliche Ortsveränderungen an Mikrokokken beobachtet sind, dürfen vermuthlich auf unbeachtete Flüssigkeitsströmungen etc. zuzückgeführt werden.

a b c d

Fig. 23.
Micrococcus. 650 : 1.
a. Isolirt; *b.* In Theilung begriffen (Diplococcus); *c.* Torulaform; *d.* Zoogloea. (Nach Cohn.)

Die einzelnen Arten von Mikrokokken sind noch sehr wenig studirt. Man findet erhebliche Differenzen in Bezug auf Grösse, Form, Lagerung, Farbstoffaufnahme u. s. w.; manche haben mehr ovale, die meisten kugelrunde Form; manche gruppiren sich regelmässig zu vier Individuen, andere bilden lange Ketten; und eine bessere Classificirung nach morphologischen Merkmalen wird bei weiterer genauester Beachtung aller solcher Verhältnisse vermuthlich in nicht ferner Zeit möglich sein. Einstweilen sind aber die dafür wichtigsten Charaktere und namentlich die genaue Grösse nicht exact genug beobachtet, und eine scharfe Vergleichung der Befunde verschiedener Beobachter wird auch wohl nur auf Grundlage photographischer Abbildungen möglich sein, wie solche bisher allein von Koch veröffentlicht sind. — Die weitere Unterscheidung ist daher im Folgenden vielfach noch nach physiologischen Differenzen versucht, und zwar sind nach Cohn vor allem zymogene, Farbstoff producirende und pathogene Mikrokokken unterschieden.

1) Die feineren Form- und Structurverhältnisse der Spaltpilze lassen sich selbstverständlich nicht im Holzschnitt wiedergeben; zu einer ausreichenden Darstellung derselben sind vielmehr lediglich Photogramme geeignet. Die hier gegebenen Zeichnungen sind daher als schematische zu betrachten, durch welche nur die wesentlichsten Charaktere der Form und Lagerung der Spaltpilze zur Anschauung gebracht werden sollen.

a) Zymogene Mikrokokken.

Micrococcus ureae (Lit. 76—84). Kugelförmige Zellen von 1,25—2 μ Durchmesser, vereinzelt oder in Torulaform oder in unregelmässigen Gruppen; zuweilen in Zoogloea auf der Oberfläche von Flüssigkeiten. — Entwickelt sich leicht im Harn und bewirkt dann die ammoniakalische Gährung des Harns, indem er den Harnstoff in kohlensaures Ammon umwandelt. Nach Pasteur gehört der Micrococcus zu den Aërobien, und bevorzugt ausserdem die gut belichteten Wände der Culturgefässe. Die eintretende alkalische Reaction stört die Entwickelung in keiner Weise; die Gährung dauert fort, bis sich etwa 13 % kohlensaures Ammoniak gebildet hat. Auch künstliche Lösung von Harnstoff wird rasch in derselben Weise zersetzt. — Musculus hat nachgewiesen, dass das Ferment der ammoniakalischen Gährung sich von den Mikrokokken, welche es produciren, trennen lässt, wie das invertirende Ferment von der Hefe.

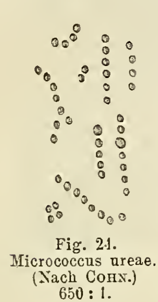


Fig. 24. Micrococcus ureae. (Nach Cohn.) 650 : 1.

Micrococcus der schleimigen Weingährung, durch dessen Einfluss der schleimige, fadenziehende Wein (vin filant) entsteht; Kügelchen von 0,2 μ Durchmesser, hauptsächlich in Rosenkranzfäden. Diese und ähnliche Formen sind von Pasteur als die Erreger verschiedener Krankheiten des Weines und Bieres bezeichnet, aber nicht genügend morphologisch und biologisch charakterisirt. Ueber den chemischen Vorgang bei der schleimigen Gährung s. unten.

Micrococcus der Phosphorescenz.[1]) Grosse runde Zellen, meist in Zoogloea. Wurden auf selbstleuchtendem Fleisch beobachtet, auf dessen Oberfläche sie sich in Form eines leuchtenden Schleims ausbreiteten. Ueber die näheren morphologischen Verhältnisse, sowie über die Art ihrer zersetzenden Thätigkeit fehlt es an Angaben.

Mikrokokken in faulenden Substraten. In fast allen faulenden Substanzen, namentlich bei niederer Temperatur und nicht zu stark vorgeschrittener Zersetzung, finden sich Mikrokokken verschiedener Grösse und Gruppirung. Eine Isolirung derselben und die Bestimmung ihrer speciellen Wirkung und ihres Antheils an dem Process der Fäulniss muss späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben. Fig. 25 zeigt einige solcher Mikrokokkenformen aus vier Tage altem, bei circa 10° gestandenem Blut; Fig. 26 eigenthümliche,

1) Pflüger, in Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 10 u. 11. — Lassar, ebenda. Bd. 21.

meist zu je vieren zusammengelagerte Mikrokokken, die sich in Wundsecreten beim Menschen angesiedelt hatten (beide nach Koch).

Hierher gehört auch der früher unter dem Namen Monas crepusculum aufgeführte, nicht näher definirte Micrococcus. — Zahlreiche verschiedene Mikrokokken erhält man, wenn man Gelatine oder Kartoffelflächen der Luft aussetzt und deren Keime sich ansiedeln und entwickeln lässt.

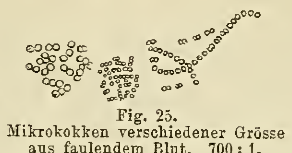


Fig. 25. Mikrokokken verschiedener Grösse aus faulendem Blut. 700 : 1.



Fig. 26. In Tetraden gelagerte Mikrokokken. 700 : 1.

b) Pigmentbildende Mikrokokken

kommen hauptsächlich in Zoogloeaform vor; bilden schleimige gefärbte Ueberzüge auf der Oberfläche der Nährsubstrate; das Pigment bildet sich nur in Berührung mit der Luft. Daneben erzeugen sie gewöhnlich alkalische Reaction. Das gebildete Pigment ist entweder in Wasser löslich und verbreitet sich dann im Nährmedium; oder in Wasser unlöslich und bleibt dann auf das Protoplasma und die Intercellularsubstanz der Zoogloea beschränkt. Die Pigmentmikrokokken wachsen vorzüglich auf frisch durchschnittenen gekochten Kartoffeln, einige auf Eiern; ihre Keime sind stets in der Luft verbreitet, so dass man sie auf ausgelegten Kartoffelscheiben auffangen und cultiviren kann; doch ist die Art der sich ansiedelnden Formen nach Zeit und Ort verschieden, so dass namentlich einzelne Pigmente nur selten erhalten werden. Die einmal gewachsenen Mikrokokken können auf die verschiedensten festen, halbflüssigen oder flüssigen Substrate übertragen werden — sie erzeugen, falls sie sich überhaupt vermehren und nicht degeneriren, stets denselben Farbstoff.

Micrococcus prodigiosus (Monas prodigiosa) (Fig. 23 a d). Kugelige, in geringem Grade ovale Zellen von $^1/_2$—1 μ im Durchmesser; bildet blutrothe Ueberzüge auf gekochten Kartoffeln, den verschiedensten Nahrungsmitteln, auf Gelatine, auf Milch, wo dann auch die Fetttröpfchen den rothen Farbstoff aufgelöst enthalten.

Die Mikrokokken selbst sind farblos; der Farbstoff ist in Wasser unlöslich, aber in Alkohol löslich; seine Lösung zeigt je einen charakteristischen Absorptionsstreifen im Grün und im Blau.[1]) — Der Micr. prod. bewirkte vermuthlich die früher mehrfach beobachteten Erscheinungen des blutenden Brotes und der blutenden Hostien; zuweilen zeigt er geradezu epidemisches Auftreten, so 1843 in Paris, wo er namentlich in dem aus den Militärbäckereien hervorgegangenen Brode wucherte. —

1) Schröter, Cohn's Beiträge. Bd. 1. Heft 2. S. 115. — Cohn, ebenda. S. 153 und Bd. I. Heft 3. S. 182. — Wernich, ebenda. Bd. 3. Heft 1.

In der Neuzeit wird er häufig cultivirt, um zur Lösung mykologischer Fragen zu dienen, wozu er durch die auffallende Farbe, von der jede Ansiedlung begleitet ist, sich besonders geeignet erweist.

Micrococcus luteus. Zellen etwas grösser als bei M. prodigiosus, elliptisch, stark lichtbrechend. Bilden gelbe Tröpfchen von 1—3 Mm. Durchmesser auf gekochten Kartoffelscheiben; auf flüssigem Nährsubstrat dicke, gelbe, faltige Häute. Das Pigment ist in Wasser unlöslich.

Micrococcus aurantiacus. Ovale Kügelchen von 1,5 μ Durchmesser, einzeln oder paarweise, oder zu vieren zusammenhängend; oder in Zoogloea. Orangegelbe Flecke, die zuletzt einen ununterbrochenen Ueberzug bilden; namentlich auf gekochtem Eierweiss; auf Nährlösung dicke goldgelbe Schicht. — Farbstoff in Wasser löslich.

Micrococcus chlorinus. In Form einer feinkörnigen Zoogloea; bildet gelb- oder saftgrüne Schichten auf Nährlösungen und gekochten Eiern. Farbstoff in Wasser löslich, durch Säuren entfärbt.

Micrococcus cyaneus. Elliptische Kügelchen, Nährlösungen und Kartoffelscheiben intensiv blau färbend. Der Farbstoff ist dem Lakmusfarbstoff sehr ähnlich; er ist löslich in Wasser, wird durch Säuren roth, durch Neutralisiren der Säure mit Ammoniak wieder blau gefärbt.

Micrococcus violaceus. Elliptische Zellen, grösser als Micr. prodigiosus; oft zu Ketten verbunden; bildet veilchenblaue Schleimklümpchen und Flecken auf gekochten Kartoffeln.

Micrococcus fulvus.[1]) Kugelige Zellen von 1,5 μ Durchmesser, häufig paarweise zusammenhängend, durch zähe Intercellularsubstanz verbunden. Bildet rostrothe kegelförmige Tröpfchen von fester Consistenz und circa $^1/_2$ Mm. im Durchmesser auf Pferdemist.

c) *Pathogene Mikrokokken.*

Bei sehr zahlreichen Krankheitsprocessen werden Mikrokokken in den erkrankten Geweben, namentlich in den Blut- und Lymphgefässen gefunden; oft ist es aber sehr schwierig zu entscheiden, ob sie die Ursache des Processes sind oder ob sie in den ergriffenen und zum Theil abgestorbenen Geweben sich später angesiedelt haben, ob sie nur Leichenbefund sind, oder auch im Lebenden ihre zersetzenden Wirkungen geltend gemacht haben. — Sichere Beweise für die pathogene Wirkung gewisser Mikrokokken hat man nur dann erhalten können, wenn die Verbreitung derselben den Krankheitssymptomen durchaus entsprach, wenn die Krankheiten experimentell auf Thiere übertragbar waren und wenn wo möglich ausserdem die Mikrokokken auf künstlichem Substrat sich cultiviren liessen. Alle diesen Anforderungen nicht entsprechenden im Folgenden aufgezählten Formen können daher nur mit Reserve als specifisch pathogene Arten bezeichnet werden.

Micrococcus bombycis. (Microzyma bombycis, Béchamp.)[2])

1) Cohn, Beiträge. Bd. 1, Heft 3, S. 181. 2) Pasteur, C. R. Bd. 64, S. 1289 ff.

Ovale Zellen von höchstens 1,5 μ Durchmesser, einzeln, paarweise oder zu 4—8 an einander gereihte, oder zu längeren geraden oder gekrümmten Ketten verbunden (Fig. 27). — Bewirkt die Schlaffsucht (flacherie, flaccidezza, maladie de morts-blancs) der Seidenraupen, die vor etwa 15 Jahren aufgetreten ist und seitdem in einzelnen Jahren mit grosser Heftigkeit um sich greift. Am lebenden Thier zeigt sich verminderte Fresslust, es wird schlaff; bald nach dem Tode werden die Cadaver weich bis zum Zerfliessen, sind nach 24—48 Stunden tiefdunkel gefärbt und mit Gasen und schwarzbrauner Jauche gefüllt. Unter ungünstigen hygienischen Verhältnissen — schlechter Ventilation und Nahrung etc. — scheint sich die Krankheit „spontan" zu entwickeln; ferner kann sie jederzeit durch Uebertragung erhalten werden; so gelang es z. B. durch Verfütterung von Staub aus verseuchten Localitäten die Krankheit bei gesunden Thieren zu erzeugen. — Im Nahrungsschlauch der erkrankten und gestorbenen Thiere, namentlich im Magensaft, findet man massenhaft und constant die erwähnten Mikrokokken, denen sich kurz vor dem Tode noch verschiedene Bacterien zugesellen. Es fehlt jedoch noch der Nachweis, dass die Mikrokokken durch ihre Verbreitung im Körper alle Krankheitssymptome zu erklären vermögen, und dass kleinste Mengen des isolirten Pilzes die Krankheit übertragen; die Möglichkeit erscheint nicht ausgeschlossen, dass es sich um andere, vielleicht septicämische Spaltpilze als eigentliche Krankheitserreger handelt.[1])



Fig. 27. Micrococcus bombycis. (Nach Cohn.) 600 : 1.

Nosema bombycis (Micrococcus ovatus, Panhistophyton ovatum, Corpuscules du ver à soie), die Ursache der Pebrine (Gattine, Fleckenkrankheit, Maladie des corpuscules) der Seidenraupen, möge hier angereiht werden, obgleich die Grösse und Form der Organismen, sowie die unsichere Kenntniss ihrer Entwickelungsgeschichte über den ihnen zukommenden Platz im Zweifel lassen können. — Im Blut und in allen Organen der erkrankten Raupen finden sich glänzende ovale Zellen, 3—4 μ lang, 2 μ breit; meist isolirt, zuweilen auch paarweise oder zu Haufen vereinigt (Fig. 28). Sie wurden zuerst von

Fig. 28. Nosema bombycis. 500 : 1.
a. Nosema-Zellen.
b. Urate, die gewöhnlich mit im Präparat enthalten sind (Nach Duclaux.)

1) Bollinger (153). — Cohn, Beiträge. Bd. 1, Heft 2, S. 165. — Heft 3, S. 201.

Cornalia entdeckt, später von Lebert, Nägeli und Pasteur[1]) beschrieben.

Die Krankheit zeigt sich dadurch, dass auf der Haut der Raupen schwärzliche Flecken auftreten; dabei ist die Fresslust vermindert, die Raupen werden schlanker und wasserreicher; das Seidenorgan schwillt rosenkranzartig an, wird undurchsichtig und die kranken Raupen liefern keine oder sehr schwache Cocons; schliesslich gehen sie nach kurzer Zeit zu Grunde. Sämmtliche Organe zeigen sich dann durchsetzt von den Mikrokokken; auch in den Eiern der Schmetterlinge werden sie gefunden, und durch solche inficirte Eier wird die hereditäre Uebertragung und die Fortdauer der Krankheit vermittelt, welche sonst, der geringen Widerstandsfähigkeit der Mikrokokken wegen, in Frage gestellt sein würde. Pasteur hat experimentell festgestellt, dass die Uebertragung der Krankheit durch den Genuss von Mikrokokken in der Nahrung, und durch gelegentliches Eindringen derselben durch verletzte Hautstellen erfolgen kann, und dass Luftströmungen, die Hantirungen der Züchter etc. zu der Weiterverbreitung der inficirenden Keime Anlass geben. — Als prophylaktisches Mittel gebraucht man jetzt allgemein die von Pasteur eingeführte Zellengrainage; die eierlegenden Schmetterlinge werden paarweise separirt und nach der Begattung und Eierablage auf das Vorhandensein der charakteristischen Mikrokokken untersucht. Finden sich letztere, so werden die Eier vernichtet und nicht zur Zucht verwendet.

Mikrokokken bei Wundinfectionskrankheiten. Bei am Menschen beobachteten Wundinfectionskrankheiten wurden vielfach Spaltpilze in den Wundsekreten, in der Umgebung der Wunde und häufig auch im Blut oder in entfernteren Organen gefunden. Für die meisten dieser Spaltpilzformen steht es indessen nicht vollkommen fest, dass sie als pathogene Organismen angesehen werden dürfen; die Befunde sind dazu zu inconstant, denn selbst von solchen Forschern, die sich mit den Untersuchungsmethoden vollkommen vertraut gemacht haben, sind oft exquisite Krankheitsfälle ohne die charakteristischen Organismen beobachtet worden; ferner ist die Menge der im Blut und in den Organen gefundenen Spaltpilze meist zu gering gewesen, um alle Krankheitserscheinungen zu erklären; und ausserdem sind die für verschiedene Krankheitsformen aufgestellten Pilzformen zu wenig morphologisch charakterisirt. — Vollkommen sicher erkannt sind dagegen einige Mikrokokken als die Erreger von Wundinfectionskrankheiten bei Thieren. Die experimentelle Hervorrufung dieser Krankheiten gelingt besonders leicht bei Mäusen und Kaninchen; zur ersten Infection kann man beliebige zufällige Gemenge von Spaltpilzen wählen, unter denen dann mit einer

1) Cornalia, Rapp. della Commiss. per le studio della mallattia dei briochi etc. Milano 1857. — Monografia del Bombice del Gelso, Milano 1856. — Lebert (183). — Nägeli, Botan. Zeitg. 1857, S. 760. — Bollinger, l. c.

gewissen Wahrscheinlichkeit sich die eine oder andere pathogene Form befinden wird. Solche Gemenge liefert z. B. faulendes Blut u. dergl., namentlich im Anfangsstadium der Fäulniss, wo noch die verschiedensten zufällig hineingerathenen Keime zu einer gewissen Entwickelung gelangt sind. Nur muss man mit der auf das Thier übertragenen Dosis vorsichtig sein, damit nicht grössere Mengen giftiger Substanzen, welche in Fäulnissgemischen enthalten zu sein pflegen, eine Intoxication und den Tod des Versuchsthiers vor der reichlichen Vermehrung der infectiösen Spaltpilze bewirken. Die auf diese Weise erhaltenen Krankheiten lassen sich auf das Bestimmteste als parasitäre erweisen, da die Infection durch die allergeringsten Substanzmengen erfolgt, da die weitere Uebertragung auf andere Thiere ebenfalls mit kleinsten Mengen gelingt, da ferner in den gestorbenen Thieren morphologisch gut charakterisirte Bakterien, stets von derselben specifischen Form, in solcher Menge gefunden werden, dass die Krankheitssymptome und der Tod ausreichende Erklärung finden. — Die hierher gehörigen Formen sind hauptsächlich folgende:

Micrococcus der progressiven Gewebsnekrose bei Mäusen. Runde Zellen von 0,5 μ Durchmesser, meist zu zierlichen und regelmässigen Ketten geordnet, zuweilen zu dichteren Haufen zusammengedrängt (Fig. 29). Bewirkt Nekrose der Gewebe; so weit die Mikrokokken reichen, ist keine Blut- oder Bindegewebszelle intact, selbst Knorpelzellen werden zerstört. Das Gangrän geht von der Impfstelle aus in die Umgebung und führt bald (nach circa 3 Tagen) zum Tode; Blut und innere Organe bleiben frei von Mikrokokken. Ihr Verhalten ist derart, dass man eine Production eines löslichen deletären Stoffs durch die Vegetation der Kokken annehmen muss. — Die Krankheit wurde von Koch durch Einimpfung fauliger Substanzen am Mäuseohr erhalten[1]); dabei wurden jedoch stets gleichzeitig Septicämie erzeugende Bacillen eingeimpft, welche den Tod des Thieres veranlassten; erst eine Ueberimpfung auf Feldmäuse, die gegen die Bacillensepticämie immun sind, führte zu einer reinen Beobachtung des Krankheitsverlaufs.

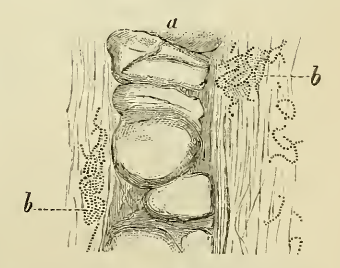


Fig. 29.
Micrococcus der progressiven Gewebsnekrose bei Mäusen. (Nach Koch.)
a. Zellen des Ohrknorpels
b. Kettenförmige Mikrokokken.

1) Koch, Untersuchungen über die Aetiologie der Wundinfectionskrankheiten, Leipzig 1878.

Micrococcus der progressiven Abscessbildung bei Kaninchen (Koch). Kleinste Zellen von nur etwa 0,15 Mikr. im Durchmesser, hauptsächlich in dichten, wolkigen Zoogloeamassen (Fig. 30). Wurde durch Einspritzungen von faulendem Blut bei Kaninchen erhalten; an der Injectionsstelle bildete sich ein ausgedehnter Abscess, an dem die Thiere nach etwa 12 Tagen zu Grunde gingen.



Fig. 30.
Micrococcus der progressiven Abscessbildung beim Kaninchen. (Nach Koch.) 700 : 1. Randzone von einem käsigen Abscess: a = wolkenförmige Zoogloeamassen; b = kleinere Mikrokokkencolonieen; c = Kernanhäufung.

Im Blut finden sich keine Bakterien; im käsigen Inhalt des Abscesses findet sich nur eine feinkörnige Masse; die Wand des Abscesses wird aber aus einer dünnen Schicht zu dichten Zoogloeahaufen verbundener Mikrokokken gebildet; nach dem Inneren des Abscesses zu scheint die Zoogloea zu degeneriren und abzusterben. Gleichwohl erweist sich der Abscessinhalt als infectiös und erzeugt dieselbe Krankheit bei gesunden Kaninchen.

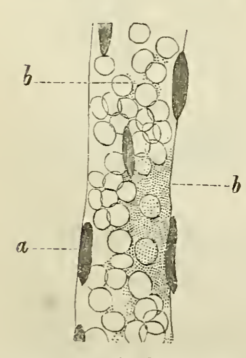


Fig. 31.
Micrococcus der Pyämie beim Kaninchen. (Nach Koch). 700 : 1. Gefäss aus der Rindensubstanz der Niere.
a. Kerne der Gefässwand.
b. Mikrokokken.

Micrococcus der Pyämie bei Kaninchen (Koch). Runde Zellen von 0,25 μ Durchmesser, meist einzeln oder zu zweien verbunden; pflegen die Blutkörperchen in charakteristischer Weise zu umspinnen und einzuschliessen (Fig. 31). — Die betreffende Krankheit wurde durch Injection von Macerationsflüssigkeit erhalten; bei der Section zeigte sich starke Infiltration um die Injectionsstelle, Peritonitis, metastatische Herde in Lunge und Leber, kurz der Befund der Pyämie. In den Capillaren sämmtlicher untersuchter Or-

gane fanden sich dichte Mikrokokkenhaufen mit eingeschlossenen Blutkörperchen; ebenso in den metastatischen Herden, wo sie auch von den Gefässen aus auf das benachbarte Gewebe übergreifen. Im Blut des Herzens und der grösseren Gefässe finden sich ebenfalls reichlich Mikrokokken, doch in Folge der zahlreichen Thromben in nicht so grosser Zahl, wie bei anderen septicämischen Erkrankungen. — Die Uebertragung auf gesunde Kaninchen gelingt durch Einimpfung von Blut aus dem Herzen etc., doch bewirken grössere Dosen (1—3 Tropfen) rascheren Tod (40 Stunden) als kleine (1/10 Tropfen), eben wegen der relativ geringen Menge der Kokken im strömenden Blut.

Micrococcus der Septicämie bei Kaninchen. Ovale Zellen, im grössten Durchmesser 0,8—1,0 μ. Bewirken keine Gerinnungen im Blut, schliessen die Blutkörperchen nie ein, sondern drängen sie zur Seite (Fig. 32). — Die Krankheit wurde von Koch durch



Fig. 32.
Micrococcus der Septicämie beim Kaninchen. (Nach Koch.) 700:1.
Theil eines Glomerulus; bei *a* Capillargefässe mit Mikrokokken.

Injection von Fleischinfus erhalten; nach dem Tode fand sich geringes Oedem an der Injectionsstelle, kleinere Blutextravasate, starke Milzvergrösserung; keine embolische Processe, keine Peritonitis. In den Capillaren der verschiedensten Organe fanden sich obturirende Mikrokokkenmassen, besonders reichlich in den Glomerulis der Nieren. Eingeimpftes Herzblut übertrug die Krankheit auf Kaninchen und Mäuse, aber ebenfalls erst in grösserer Menge (2—10 Tropfen).

Beobachtungen am Menschen:

Micrococcus septicus (Microsporon septicum) ist von Klebs ein Micrococcus genannt, der häufig in Wundsecreten und in den Geweben gefunden wurde; er besteht aus kleinen rundlichen Zellen von 0,5 μ Durchmesser, die in Haufen dichtgedrängt an einander

liegen oder zu rosenkranzförmigen Fäden vereinigt sind, oder Zoogloea bilden. Die Kenntnisse über seine morphologischen Charaktere und seine Bedeutung sind noch ungenügend und seine Bezeichnung daher vorläufig nicht berechtigt.

Micrococcus des erysipelatösen Processes. Nach Koch's Photogrammen kleine Mikrokokken von kugeliger Gestalt (Fig. 33), paarweise verbunden oder kurze Ketten bildend in den Lymphgefässen oft dicht gedrängt; hauptsächlich am Erysipelrande zu finden. Von Orth wurden die Mikrokokken zuerst in künstlicher Nährlösung gezüchtet und von da aus mit Erfolg geimpft.

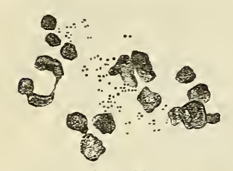


Fig. 33.
Mikrokokken aus erysipelatösem Eiter. Kerne der Eiterkörperchen mit zwischenliegendenMikrokokken. (Nach Koch.) 700 : 1.

Micrococcus diphtheriticus. Nach Oertel ist der pathogene charakteristische Pilz der diphtheritischen Erkrankung ein Micrococcus, der in eirunden, körnchenförmigen Zellen von 0,35 bis 1,1 μ Durchmesser auftritt; die Zellen liegen einzeln, häufiger paarweise, oder hängen zu 4—6 rosenkranzförmig zusammen, oder aber bilden kugelige Ballen, cylindrische und streifenförmige Nester auf der Oberfläche und in den Gewebsinterstitien der erkrankten Organe (Fig. 34). Da in Oertel's Beobachtungen und Versuchen auch noch verschiedene andere Bakterienformen aufgetreten sind, da infolge dessen die Indentität der in verschiedenen Präparaten als pathogen angesprochenen Organismen zweifelhaft ist, und da zuverlässige Reincultur der pathogenen Organismen noch nicht gelang, so bleibt die Präcisirung der Oertel'schen Befunde noch weiteren Forschungen vorbehalten. — Koch fand bei einem tödtlich verlaufenen Falle von Blasendiphtheritis in den Nieren, und zwar in den Blutgefässen, ausserordentlich zahlreiche gleichförmige Organismen, die aber nicht als Mikrokokken, sondern als kurze Stäbchen, Bakterien, erscheinen. (Photogramm 66 der Mittheil. aus dem Gesundheits-Amt).



Fig. 34.
Micrococcus diphtheriticus (?) nach Oertel. Grosse Exsudatzellen aus einer diphtheritisch erkrankten Trachea von Pilzwucherungen zerstört. Merz I. L. 1/30". Oc. 1.

Von sonstigen bei Krankheiten des Menschen beobachteten Mikrokokken seien erwähnt:

Micrococcus vaccinae. Kugelige Zellen von 0,5 μ Durchmesser im Mittel; zu 2—8 zelligen Rosenkranzfäden, sowie zu unregelmässigen Häufchen und Colonieen verbunden. In frischer Lymphe von Kuh- und Menschenpocken, sowie in Variolapusteln.

CHAUVEAU und BURDON-SANDERSON suchten die alleinige Wirksamkeit der corpusculären Elemente der Lymphe dadurch zu erweisen, dass sie Lymphe mit Wasser überschichteten resp. filtrirten, bei welchen Versuchen dann die oberen Schichten des Wassers sowie die Filtrate wirkungslos blieben. (Lit. 274 ff.)

Micrococcus der Gonorrhoe. Im gonorrhoischen Eiter fand NEISSER kreisrunde, auffallend grosse Mikrokokken von 0,83 μ Durchmesser; sie färbten sich stark mit Methylviolett und Dahlia. Meist liegen 2 Mikrokokken dicht nebeneinander, so dass Biscuitformen entstehen; häufig theilt sich dann jede dieser 2 Zellen noch einmal, aber nun in einer auf der ersten Theilungsebene senkrechten Richtung, so dass regelmässige, im Viereck zusammengelagerte Gruppen entstehen. Gewöhnlich werden mehrere solche Gruppen durch eine Schleimhülle zu einer weitläufigen Colonie vereinigt. Die Mikrokokken sind namentlich an der Oberfläche von Eiterkörperchen zu finden. — Die charakteristische Form der Kokken und ihr constantes Vorkommen machen ihre pathogene Bedeutung wahrscheinlich, obwohl ihre Cultur ausserhalb des Körpers noch nicht gelungen ist. [1])

Micrococcus bei Endocarditis ulcerosa. (270—273). Kleine rundliche Zellen in dichter Anhäufung. In grosser Menge in den Gefässen des Herzmuskels. Vgl. die Photogramme 11—14 von KOCH in den Mittheil. a. d. Ges.-Amt. — Ferner sind Mikrokokken als Krankheitserreger bezeichnet bei Pneumonia crouposa (KLEBS, Arch. f. exp. Path. Bd. 4), Osteomyelitis (KOCHER, ROSENBACH, Arch. f. klin. Chir. Bd. 23, SCHÜLLER, Centralbl. für Chir. 1881 No. 42); bei Lupus (SCHÜLLER, l. c. 26. No. 46); bei Condylomen (AUFRECHT, Centr. f. d. med. W. 1881. No. 13; grosse Kokken, meist zu zweien durch Fuchsin auffallend dunkel gefärbt); bei acuter gelber Leberatrophie (EPPINGER, Prag. Viertelj. 1875); bei Haemophilia neonatorum (KLEBS, Beitr. zur pathol. Anat. 1878); bei Scarlatina (COZE und FELTZ, Malad. infectieuses, 1872); bei Typhus (LETZERICH, TIZZONI, 279). Ferner bei der Lungenseuche der Rinder (die Cultur der Mikrokokken soll in Fleischextractlösung gelungen sein, BRUYLANTS und VERRIEST, Bull. de l'Acad. Belg. 1880); bei Rotz (CHAUVEAU), Rinderpest (SEMMER, KLEBS u. A.; vgl. RÖLL, die Thierseuchen, Wien 1881). Alle die letztgenannten Mikrokokken sind bezüglich ihrer morphologischen Charakteristik und ihrer pathogenen Bedeutung noch völlig zweifelhaft. Gerade bei den Mi-

---

1) NEISSER, Med. Centralbl. 1879. Bd. 17, No. 28. — BOKAI u. FINKELSTEIN, Prag. med.-chir. Presse 1880. Mai.

krokokken ist es besonders schwer, verschiedene Formen deutlich zu unterscheiden, und es gelingt dies nur durch genaueste Beachtung der Form, Lagerung, des Fundorts etc.; ferner scheinen die pathogenen Mikrokokken mehr wie andere Spaltpilzformen der künstlichen Cultur sich zu entziehen. Um so vorsichtiger und zurückhaltender wird man gerade den Mikrokokkenfunden gegenüber sein müssen, mit denen jetzt die parasitäre Lehre überschwemmt wird.

II. Gattung, Ascococcus.

Die kugeligen, kleinen Zellen (Mikrokokken) zu eigenthümlichen Colonieen vereinigt. Bildet auf der Oberfläche von Nährlösungen eine rahmartige Haut, in welcher sich zahlreiche Körperchen von kugeligem oder ovalem Umriss schon makroskopisch unterscheiden lassen. Unter dem Mikroskop zeigt sich, dass jedes der Körperchen aus einer 10—15 μ dicken, gallertartig-knorpligen, äusserst resistenten Hülle besteht; in derselben liegen eine oder mehrere kugelige oder elliptische Einschlüsse, von 20—70 und mehr μ Durchmesser, die aus dicht an einander gelagerten Kugelbakterien und ungewöhnlich fester spärlicher Intercellularsubstanz bestehen (Fig. 35).

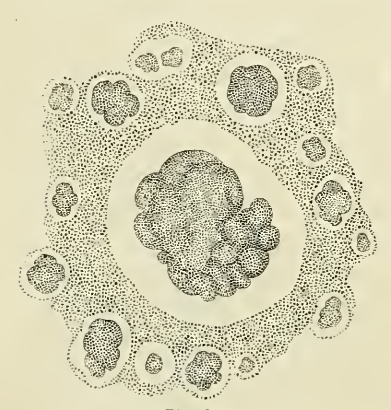


Fig. 35.
Ascococcus Billrothii. 65: 1.
Grosse knollige Zellfamilie, umgeben von kleineren und in Micrococcus eingelagert. (Nach Cohn.)

Wurde zuerst von Billroth auf faulem Fleischwasser, dann von Cohn auf gewöhnlicher Nährlösung beobachtet; in letzterer bewirkte er einen käseartigen Geruch, verwandelte die ursprünglich sauere Reaction in eine stark alkalische und veranlasste starkes Entweichen von Ammoniak. — Ascococcus schliesst sich morphologisch aufs Engste an einige Chroococcaceen an.[1])

III. Gattung, Sarcina.[2])

Zellen rundlich, in 2 oder 3 Richtungen des Raumes getheilt; die Tochterzellen bleiben eine Zeitlang verbunden und bilden kleine Familien, die oft wieder zu grösseren Colonieen vereinigt sind. In der Regel bestehen die Familien aus 4 oder einem Multiplum von 4 Zellen.

1) Cohn, Beiträge. Bd. I, Heft 3, S. 146, 151.

2) Nach Rabenhorst (16).

Sarcina ventriculi [Goodsir[1]]. Rundliche bis 4 μ grosse Zellen, zu 4—16 zu kleinen, an den Ecken abgerundeten Würfeln verbunden; diese zu grösseren Convoluten vereinigt. Zellinhalt grünlich oder gelbröthlich (Fig. 36). — Im Magen gesunder und kranker Menschen und Thiere; am häufigsten im Erbrochenen gefunden. Zuweilen erhält man Ansiedlungen von Sarcina auf ausgelegten Kartoffelscheiben, auf Eiweiss etc., die sich dann als hellgelbe oder chromgelbe trockene Häufchen bemerkbar machen.[2])



Fig. 36. Sarcine. 650 : 1.

Sarcina urinae. Sehr kleine Zellen, 1,2 μ im Durchmesser, zu 8 bis 64 in Familien vereinigt. Von Welcker in der Harnblase beobachtet. (Z. f. rat. Med. 3. Ser. Bd. 5.)

Sarcina litoralis. Kugelige Zellen, 1,2—2 μ im Durchmesser, zu 4—8 zu Familien verbunden, diese bis zu 64 Tetraden in einer Colonie vereinigt. Plasma farblos, in jeder Zelle 1—4 rothe Schwefelkörner. In faulendem Meerwasser (Oersted).

Sarcina Reitenbachii. Zellen wie oben, bei der Theilung bis zu 4 μ verlängert, meist zu 4—8, selten zu 16 und mehr verbunden. Zellwand farblos mit rosarothem Wandbelag. An faulenden Wasserpflanzen (Caspary).

Sarcina hyalina (Merismopedia hyalina). Zellen kugelig, fast farblos, 2½ μ im Durchmesser; Familien aus 4—24 Zellen, bis 15 μ im Durchmesser. In Sümpfen (Kützing).

IV. Gattung, Clathrocystis (Cohnia).

Clathrocystis roseo-persicina (Bacterium rubescens, Peach-coloured Bacterium, Lankester), von Cohn unterschieden; von Winter Cohnia roseo-persicina genannt, weil der Name Clathrocystis einer Algenart angehört.[3]) Zellen kugelig oder oval, roth gefärbt, bis 2,5 μ Durchmesser. Bilden anfangs solide, durch Gallert verbundene Familien; später entstehen hohle Körper, mit wässeriger Flüssigkeit erfüllt und bis zu 660 μ Durchmesser; in diesen bilden die Zellen eine einfache peripherische Lage. Die Blasen sind oft zerrissen oder durchlöchert, und stellen dann zierliche Netze dar, die sich schliesslich in unregelmässige Fetzen auflösen.

Der rothe Farbstoff, der in den Zellen enthalten ist, wird als Bakteriopurpurin von anderen Farbstoffen unterschieden; derselbe ist auch

1) Edinb. Med. and Surg. Journ. 1842.

2) Cohn, Beitr. Bd. I, Heft 2, S. 139. — Vgl. ferner Itzigsohn, Virch. Arch. Bd. 13. — Virchow u. Cohnheim, ebenda. Bd. 33. — Pasteur, Ann. de chim. et de phys. Bd. 64, 1862.

3) Rabenhorst-Winter (16). — Cohn, Beiträge. Bd. I, Heft 3, S. 157. — Lankester, Quart. Journ. of Micr. sc. Bd. 13, 1873, S. 408.

in einigen unten erwähnten Monasarten enthalten, ist aber durchaus verschieden vom Farbstoff des Micrococcus prodigiosus. Bakteriopurpurin ist pfirsichblüthroth, ist in Wasser, Alkohol etc. unlöslich, zeigt vor dem Spektroskop starke Absorption in Gelb, schwächere in Grün und Blau, sowie eine Verdunkelung in der stärker brechbaren Hälfte des Spektrums. In dem Farbstoff ist kein Chlorophyllsubstrat enthalten. — In den Zellen, besonders in älteren Individuen lassen sich dunkele Körner bemerken, die aus regulinischem Schwefel bestehen. — Clathrocystis ist in Sümpfen auf der Oberfläche schwimmend oder in Wasser, in dem Algen faulen, gefunden.

V. Gattung, Bacterium.

Kurz cylindrische, bewegliche Zellen. Nach der Theilung bleiben oft 2 bis 4 Zellen mit einander verbunden, aber selten werden längere Ketten und Fäden gebildet, und in solchen sind jedenfalls stets deutliche Abstände zwischen den einzelnen Gliedern sichtbar. Sehr häufig bilden die Bakterien Zoogloea mit sehr reichlicher, fester Zwischensubstanz; in diesem Zustand sind die Zellen in Ruhe, aber die Theilung und Vermehrung kann fortdauern. Zuweilen kommt diese Zoogloea als baumförmiges Gebilde vor, das durch dendritische Verzweigung des ursprünglich mehr weniger kugeligen Gallertkörpers entstanden ist (Zoogloea ramigera, von Itzigsohn und später von Koch auf faulender Algenflüssigkeit beobachtet).[1] — Die Zellen sind entweder Cylinder mit geraden Seitenwänden, oder zeigen in der Mitte eine Einschnürung, so dass eine Biscuitform resultirt. Letzteres ist namentlich der Fall bei in rascher Theilung begriffenen Zellen.

Es ist selbstverständlich, dass Bakterien leicht sowohl mit Mikrokokken wie mit Bacillen verwechselt werden können. Eine Verwechslung mit Mikrokokken ist namentlich dann möglich, wenn es sich um in der Mitte eingeschnürte oder in der Theilung begriffene Bakterien und andererseits um getheilte, aber noch aneinanderhängende Mikrokokken handelt. Bei letzteren ist indess meist deutlich die Kugelgestalt der einzelnen Glieder zu erkennen, ausserdem ist die Einschnürung in der Mitte in solchem Falle scharf, spitzwinklig, und eine Querscheidewand trennt mehr weniger deutlich die beiden Zellen. Bei Bakterien ist die Einziehung meist flach, nicht spitzwinklig und es fehlt die deutliche Querscheidewand; oder die oblonge Gestalt der Bakterien ist so deutlich ausgebildet, dass keine Verwechslung stattfinden kann. Wenn freilich die Mikrokokken oval, oder die Bakterien nicht scharfeckig, sondern abgerundet sind, bleibt die Unterscheidung einzelner Zellen fast unmöglich.

In solchen Fällen muss man suchen, eine grössere Zahl der fraglichen Spaltpilze und Gruppen derselben vor Augen zu bekommen. Hier

---

1) Itzigsohn, Sitzungsber. d. Gesellsch. naturf. Freunde in Berlin 1867. — Koch, Cohn's Beitr. Bd. II, Heft 3, S. 414.

zeigt sich dann, dass aneinanderhängende Mikrokokken nicht selten auch Ketten von 3,5 Einzelzellen und ausserdem oft winklige Figuren bilden; dabei ist die Anlagerung der Zellen eine sehr enge und gleichmässig dichte und man bemerkt auch hier und da Strecken von einzelnen nicht in Theilung begriffenen rein kugeligen Zellen. Bei in Theilung begriffenen Bakterien ist die Zahl der aneinanderhängenden ovalen Zellen eine gerade; zwischen 2 einzelnen Bakterien pflegt ausserdem ein Zwischenraum zu bestehen, der sich nach der Theilung meist deutlich markirt, von dem aber vor der definitiven Theilung nichts zu bemerken ist; die flache Einschnürung eines einzelnen Gliedes ist deutlich davon zu unterscheiden. Die ganze Kette gewinnt dadurch ein anderes, weniger gleichmässiges Aussehen, als bei Mikrokokken. — Ferner findet man die Mikrokokken fast stets auch noch in Gruppen so zusammengelagert, dass keine Stäbchenform resultirt, und einige ganz isolirt und dann eine reine kugelige oder höchstens etwas ovale Zelle repräsentirend. Dabei darf nur nicht unbeachtet bleiben, dass Stäbchen auch leicht sich senkrecht stellen und dann natürlich als kugelige Zellen erscheinen. Diese Art der Lagerung kann unter Umständen leicht zu der Annahme einer Verwandlung von Mikrokokken in Stäbchen führen. — Die Beweglichkeit der Stäbchen, die stete Unbeweglichkeit der Mikrokokken kann weitere Anhaltspunkte zu ihrer Unterscheidung geben.

Bacillen und Bakterien sind im Einzelnen kaum different; Bakterien sind kürzere, Bacillen längere Cylinder; als Bakterien bezeichnet man die Zellen, wenn der Längsdurchmesser höchstens 3 mal so lang ist als der Querdurchmesser; als Bacillen, wenn der Längsdurchmesser noch mehr überwiegt. Beide Formen gehen aber offenbar fast unmerklich in einander über und man würde kaum Grund haben, die Trennung zwischen Bakterien und Bacillen aufrecht zu erhalten, wenn nicht noch einige andere mehr weniger durchgreifende Unterscheidungsmerkmale hinzukämen; diese bestehen namentlich darin, dass Bacillen leicht zu langen Fäden auswachsen, bei denen keine merklichen Zwischenräume zwischen den einzelnen Zellen bestehen, so dass oft sogar die Querwände der Fäden völlig verwischt erscheinen; ferner, dass Bacillen besonders zur Bildung von resistenten Dauersporen befähigt sind.

Auch bei den Bakterien kann man zymogene, pigmentbildende und pathogene unterscheiden.

a) Zymogene Bakterien.

Bacterium termo. Zellen kurz cylindrisch, oblong; 1,5 μ lang, 0,5—0,7 μ breit; der Inhalt je nach der Einstellung hell schimmernd oder schwärzlich, die Membran verhältnissmässig dick. In regellosen dichten Haufen, oder zu Reihen geordnet und Schwärme bildend, oder in dichter, traubig kugeliger Zoogloea (Fig. 37). Von Dallinger und Drysdale wurden Geisseln an Bacterium termo wahrgenommen. Seine Bewegung ist von der anderer Bakterien nicht wesentlich verschieden; „die Zellen drehen sich um ihre Längsachse

und schwimmen vorwärts, dann wieder ohne umzukehren ein Stück zurück, oder fahren auch in Bogenlinien durch das Wasser, in der Regel nicht sehr schnell, gleichsam zitternd oder wackelnd, doch auch mit plötzlichem Sprunge raketenartig dahinschiessend, bald um die Querachse gedreht wie der Griff eines Bohrers, oft blitzschnell wie ein Kreisel, dann wieder längere Zeit ruhend, um plötzlich auf und davon zu fahren" (Cohn). — Bacterium termo kommt in ausserordentlicher Verbreitung in allen möglichen sich zersetzenden, faulenden Flüssigkeiten vor und ist höchst wahrscheinlich bei dem Fäulnissprocess in irgend welcher Weise activ betheiligt. Es ist aber noch unbekannt, welche specielle Function dem Bacterium termo dabei zukommt; zu der stinkenden Zersetzung eiweissartiger Körper sind jedenfalls noch andere Spaltpilze, namentlich Bacillen erforderlich; ebenso findet man in gewissen Fäulnissstadien stets Mikrokokken in grosser Zahl. Wie die complicirten chemischen Vorgänge bei der Fäulniss sich auf diese verschiedenen Spaltpilze vertheilen, ist noch unbekannt. In Nährlösungen rein gezüchtetes Bacterium termo pflegt keinen fauligen, sondern mehr einen käseartigen Geruch zu veranlassen; bei ausgesprochen fauligem Geruch sind gewöhnlich Bacillen zugegen.[2] Möglicherweise kommt dem Bacterium termo beim Fäulnissprocess nur eine dem Milchsäureferment ähnliche Wirkung zu, welchem es auch zufälligerweise — nach den bis jetzt gegebenen, übrigens unzulänglichen Beschreibungen des Milchsäureferments — morphologisch sehr nahe steht.



Fig. 37.
Bacterium termo. 650 : 1.
a. Einzelne Bakterien; *b*. Bakterienschwarm.

J. C. Ewart[3]) hat die Entwickelungsgeschichte von Bact. termo in der feuchten Kammer folgendermassen beobachtet: Die Stäbchen (deren Grössenverhältnisse nicht angegeben sind) wuchsen zu Fäden aus, kürzer als bei Milzbrand und ohne Neigung, ein Netzwerk oder Mycel zu bilden; in den Fäden erschienen bald kleine, glänzende, runde Sporen. 2—3 Tage nach der Bildung entschlüpften sie aus den Fäden und lagen entweder, in der Nähe der Mitte der Cultur, isolirt oder aber bildeten am Rande derselben Zoogloea. Nach einiger Zeit keimten sie in kurze schlankere Stäbchen aus, die sich dann durch Quertheilung vermehrten. Die beigegebenen Abbildungen zeigen aber, dass Ewart nicht das vor sich

1) Monthly Microscop. Journ. 1875. Sept.

2) Vgl. die Versuche von Eidam, Cohn's Beitr. I. Bd., 3. Heft, S. 214.

3) Proc. of the Roy. Soc. Vol. 27. 1878, S. 474.

gehabt hat, was Cohn u. A. unter Bacterium termo verstehen, sondern irgend einen Bacillus.

Bacterium der Milchsäuregährung. Nach Pasteur kurze, etwa 1,5 bis 3 μ lange, in der Mitte eingeschnürte Zellen, die sich zu kurzen Fäden und zu dichten Gruppen zusammenlagern; meist lebhaft beweglich (Fig. 38). Bewirken die Umwandlung des Milchzuckers der Milch in Milchsäure; vollführen diese Gährung ohne Anwesenheit von Sauerstoff, können aber auch bei Gegenwart von Sauerstoff bestehen und wirken als Vorläufer des vollkommen anaëroben Buttersäureferments, indem sie die Milch des Sauerstoffs berauben. — Die bei der Säuerung der Milch auftretenden Spaltpilze sind indess noch bei weitem nicht hinreichend genau gesondert und morphologisch charakterisirt, um die beschriebene Art als die specifisch wirksame anzuerkennen.

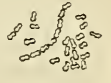


Fig. 38. Ferment lactique (?). (Nach Pasteur.) 500:1.

Bacterium der Essiggährung. (Mycoderma aceti, Mycoderme du vinaigre). Zellen denen der Milchsäuregährung ähnlich, etwas kleiner; oft zu rosenkranzförmigen Ketten verbunden. Bildet ein Häutchen auf der Oberfläche der Flüssigkeit. Verwandelt den Alkohol in Essigsäure. — Auch diese von Pasteur beschriebene Form bedarf noch der näheren Charakterisirung.

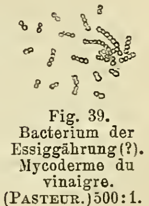


Fig. 39. Bacterium der Essiggährung (?). Mycoderme du vinaigre. (Pasteur.) 500:1.

Ohne bekannte Fermentwirkung:

Bacterium Lineola. Zellen von 3,8—5,2 μ Länge, 1,5 μ Breite; einzeln oder paarweise an einander hängend, aber nie längere Fäden bildend, zuweilen in Zoogloea. Die Zellen haben einen stark lichtbrechenden, mit fettartigen Körnchen durchsetzten Inhalt (Fig. 40). Bewegung wie bei Bacterium termo. In Brunnen- und anderem Wasser, in schleimigen Haufen auf der Oberfläche von Kartoffelscheiben etc.



Fig. 40. Bacterium Lineola. (Nach Cohn.) 650 : 1.

Bacterium litoreum. Zellen ellipsoidisch, 2—6 μ lang, 1,2 bis 2,4 μ dick; einzeln, nie in Ketten, Zoogloea oder grossen Haufen. Nur im Meerwasser von Warming gefunden.

Bacterium fusiforme. Zellen spindelförmig, spitz, 2—5 μ lang, 0,5—0,8 μ dick; in lockerer Schicht auf Meerwasser. (Warming, Meddedelser fra den Naturhist. Forening i Kjöbenhavn, 1875.)

b) *Pigmentbakterien.*

Bacterium synxanthum (xanthinum). Zellen von 0,7—1,0 μ Länge, von Bacterium termo wenig verschieden; lebhaft beweglich,

einzeln oder bis zu 5 in Ketten verbunden. — Bei der sog. gelben Milch beobachtet; die gekochte Milch färbt sich gleichmässig gelb unter anfangs saurer, dann stark alkalischer Reaction. Der Farbstoff ist in Wasser löslich, in Aether und Alkohol unlöslich; Alkalien verändern denselben nicht, Säuren entfärben ihn.[1])

Bacterium aeruginosum. Farblose Bakterien von nicht gemessener Grösse; produciren einen grünblauen Farbstoff, der sich ziemlich weit in die Umgebung verbreitet. Im grünblauen Eiter.[1])

Bacterium brunneum. Bewegliche Stäbchen, die einen braunen Farbstoff produciren; in einer faulenden Infusion von Maiskörnern beobachtet.[1])

Bacterium syncyanum, s. unter Bacillus.

c) *Pathogene Bakterien.*

Man nahm früher an, dass Bakterien, speciell Bacterium termo, nur in abgestorbenen Geweben und Flüssigkeiten sich entwickeln könnten, nicht aber im lebenden Organismus. Neuere Beobachtungen haben indessen mehrere exquisit pathogene Bakterienformen kennen gelehrt, die durch Experimente am Thier sorgfältig geprüft werden konnten.

Bacterium der Septicämie bei Kaninchen. Kurze, an den Enden schwach zugespitzte und nach Anwendung der Färbemethoden dunkel gefärbte Stäbchen, in deren Mitte eine Stelle ungefärbt bleibt; es besteht keine Einschnürung in der Mitte, aber die eigenthümliche Vertheilung des Farbstoffs täuscht leicht 2 neben einander liegende Mikrokokken vor. Länge 1,4, Breite 0,6—0,7 μ. Oft bleiben 2 und mehrere Bakterien nach der Theilung im Zusammenhang und bilden scheinbar längere Stäbchen; sie erscheinen dann leicht unter der Form einer 8 und sind von einem etwas helleren Hof umgeben. Selbständige Bewegung wurde nicht bemerkt (Fig. 41).

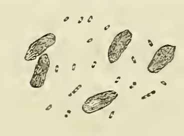


Fig. 41. Bacterium der Septicämie. (Nach KOCH.) 700 : 1. Blut eines Sperlings; Kerne der rothen Blutkörperchen und dazwischen zahlreiche Bakterien.

Impft man die kleinste Menge einer Flüssigkeit, welche diese Stäbchen enthält, einem Kaninchen ein (selbst ein Impfstich in die Cornea genügt), so zeigt sich nach einer Incubation von 10—12 Stunden erhöhte Körpertemperatur und verlangsamte, mühsame Athmung; schliesslich sinkt die Temperatur unter die Norm, und nachdem oft einige Krampfanfälle vorausgegangen sind, verendet das Thier 16—20 Stunden nach der Impfung. Bei der Section zeigen sich die Milz und die Lymphdrüsen vergrössert, die Lungen auffallend marmorirt; dabei bestehen aber keine Extravasate, keine Peritonitis. Ueberall im Blut finden sich in gleichmässiger Vertheilung die charakteristischen Stäbchen; in den ver-

1) SCHRÖTER, Cohn's Beiträge. Bd. I, Heft 2, S 120.

schiedensten Organen finden sie sich in den Durchschnitten der Blutgefässe und Capillaren. — Mäuse zeigten sich für diese Form der Septicämie ebenso empfänglich wie Kaninchen; ebenso Sperlinge und Hühner; Meerschweinchen, weisse Ratten, Hunde waren immun. — Besonders interessant ist diese pathogene Bakterienform dadurch, dass sie sich leicht künstlich züchten lässt; sie gedeiht in kalt bereitetem Infus von Rindfleisch; ferner auf Blutserumgelatine und auf einer mit Fleischinfus und Peptonlösung gemischten Gelatine. Auf letzteren lässt sie sich leicht durch eine beliebige Anzahl von Generationen hindurch rein und in vollkommen gleicher Weise impfkräftig erhalten. — Die besprochene Septicämie wurde primär von Koch durch Injection von verunreinigtem Flusswasser (Pankewasser), sowie ein anderes Mal durch in Fäulniss übergegangene Pökelfleischlake, gewonnen. Zahlreiche andere Versuche mit faulendem Material schlugen fehl, so dass die Verbreitung dieser Bakterien keine sehr allgemeine zu sein scheint.[1])

Mit dem letztbeschriebenen Bacterium scheint der Spaltpilz identisch zu sein, der nach Versuchen von Raynaud, Lannelongue und von Pasteur für eine Krankheit charakteristisch war, welche bei Kaninchen durch Injection von Speichel eines an Lyssa gestorbenen Kindes erzeugt wurde. Die ganze Beschreibung der Anfangs „rage“, dann „maladie nouvelle“ genannten Krankheit lässt auf vollständige Uebereinstimmung derselben mit Koch's Septicämie schliessen. Den betreffenden Spaltpilz beschreibt Pasteur als ein Stäbchen mit leichter Einziehung in der Mitte, von 1 μ Längsdurchmesser und von einer gelatinösen Substanz gleich einer Aureole umgeben. Die Stäbchen liessen sich künstlich in Kalbsbrühe züchten.[2])

Auch die von Davaine früher beschriebene[3]) Septicämie zeigt in Bezug auf den charakteristischen Spaltpilz grösste Uebereinstimmung mit dem Koch'schen Bacterium; sie scheint im übrigen aber dadurch verschieden, dass Meerschweinchen empfänglich, Tauben dagegen unempfänglich waren. Möglich, dass auch dennoch geringe, nach den Abbildungen nicht controlirbare morphologische Differenzen zwischen beiden Bakterien existiren.

A B

Fig. 42. Microbe du choléra des Poules. Pasteur. 500 : 1. *A.* Aus frischer Cultur. *B.* Aus mehrere Tage alter Cultur.

Bacterium der Hühnercholera (Microbe du choléra des Poules). Nach Pasteur sehr kleine, unbewegliche Glieder, in der Mitte leicht eingeschnürt (Fig. 42); gehört zu den Aërobien. Bei einer eigenthümlichen Krankheit der Hühner in reichlicher Menge im Blut und in den Organen gefunden. Die Krankheit be-

1) Koch, Gaffky, Mitth. aus dem Kais. Gesundheitsamt. Bd. I, S. 94 ff.

2) Bull. de l'Acad. de méd. 1881.

3) Bull. de l'Acad. de méd. 1872.

schreibt Pasteur folgendermassen: Das ergriffene Thier ist kraftlos, taumelig, hängt die Flügel; die gesträubten Federn lassen es kugelförmig erscheinen. Eine unüberwindliche Schlafsucht überfällt es; wenn man es zwingt, die Augen zu öffnen, scheint es aus einem tiefen Schlaf zu erwachen. Bald schliessen sich die Augenlider wieder und meist ereilt der Tod das Thier nach einem stummen Todeskampfe, ohne dass es sich vom Fleck bewegt hat. — Bei der Section findet sich als besonders charakteristisch eine hämorrhagische Enteritis des Duodenums. Das Blut lässt sich sofort mit Erfolg weiterimpfen. Der Pilz ist aber auch ausserhalb des Körpers in neutralisirter Hühnerbouillon und in damit hergestellter Gelatine leicht zu züchten. Zuweilen überleben die Thiere die Infection, und dann entwickeln sich nur an der Impfstelle harte, speckige Infiltrationen, die zur Bildung eines meist deutlich fühlbaren und leicht extrahirbaren Sequesters führen.[1])

Bei Krankheiten des Menschen sind bereits öfter charakteristische Bakterien beobachtet, aber die pathogene Natur derselben hat noch nicht sicher nachgewiesen werden können. So fanden sich Bakterien bei Pneumonie, bei Pyelonephritis etc.; vgl. die Photogramme von Koch, Mittheil. d. Reichs-Gesundheitsamtes, Fig. 57—63.

VI. Gattung, Bacillus.

Längliche cylindrische Zellen, die nach der Theilung häufig miteinander verbunden bleiben und walzenrunde, an den Theilungsstellen nicht eingeschnürte Fäden bilden. Diese Fäden werden häufig als Leptothrix bezeichnet (s. unten). An mehreren Bacillen ist ausserdem eine deutliche Sporenbildung beobachtet (vgl. S. 90). Die Bacillen vereinigen sich oft zu Schwärmen, selten zu Zoogloea; auch bei ihnen wechseln, wie bei den Bakterien, bewegliche und unbewegliche Zustände ab; bei manchen Arten scheint überhaupt kein Schwärmerzustand vorzukommen. — Die Gruppe der Bacillen ist, wie in Bezug auf ihre Morphologie, so auch bezüglich ihrer physiologischen Leistungen relativ am besten erkannt. Wir haben unter den Bacillen bestimmte Gährungserreger, pigmentbildende Arten und namentlich pathogene Formen von grösster Bedeutung, deren Entwickelungsgeschichte in lückenloser Folge bekannt ist.

a) Zymogene Bacillen.

Bacillus subtilis. Cylindrische Stäbchen bis 6 μ lang, mehr wie 3 mal so lang als dick. Die einzelnen wachsen bis auf das

1) Bull. de l'Acad. de méd. 1880. Févr. ff.

Doppelte ihrer Länge und theilen sich dann. Die Zeitdauer von der einen bis zur nächsten Theilung ist bei 21° zu 5/4 Stunden, bei 35° zu 20 Minuten beobachtet. Häufig entstehen Scheinfäden, welche bald durch ihre Verschiebung in zickzackförmige Einknickungen die Zusammensetzung aus Stäbchen deutlich zeigen, bald eine solche nicht erkennen lassen. Die einzelnen Glieder eines Fadens sind meist in den verschiedenen Stadien des Wachsthums und der Theilung begriffen und daher von differenter Länge. Unter verschiedenen, noch nicht näher zu bezeichnenden Umständen fangen die Stäbchen an zu schwärmen; die Bewegungen sind lebhaft, schlangenartig. An beiden Enden des Stäbchens ist je eine ziemlich lange und gewundene Geissel bemerkbar, namentlich nach dem Behandeln mit Hämatoxylinlösung (Koch). — Wenn das Substrat an Nährstoffen ärmer wird, hört die fortgesetzte Vermehrung der Stäbchen durch Theilung allmählich auf, und dann wird gewöhnlich die Sporenbildung eingeleitet. An einer Stelle des jetzt unbeweglich gewordenen Stäbchens zeigt sich ein dunkler Schatten, bald mehr in der Mitte, bald mehr an einem Ende, und schliesslich wird dieser Schatten zur lichtglänzenden, dunkelconturirten Spore. Die Stäbchen schwellen dabei zuweilen in fast unmerklicher Weise an. Zugleich mit der Sporenbildung werden ihre Conturen matt und undeutlich, und bald verschwinden sie vollständig, so dass die Sporen meist schon nach Verlauf eines Tages frei sind. Die Sporen haben eine Länge von 1,2 μ, eine Breite von 0,6 μ; von oben gesehen erscheinen sie rund. Um ihren dunkeln Kern zeigt sich deutlich ein lichtheller Hof, der auch beim Aneinanderlagern mehrerer Sporen zwischen diesen erhalten bleibt. Die Keimung der Sporen verzögert sich bei

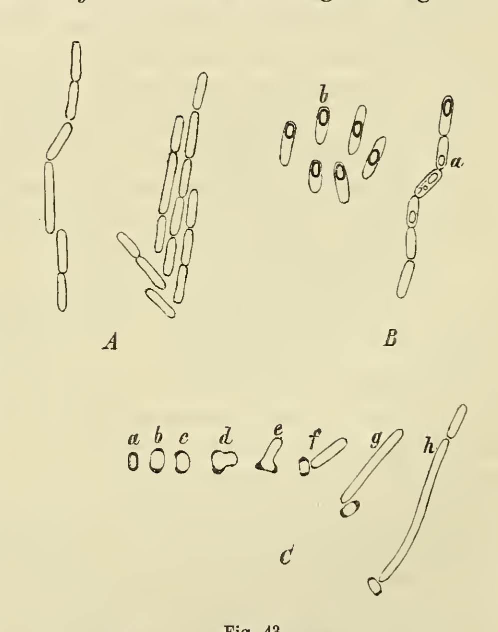


Fig. 43.
Bacillus subtilis. (Nach Prazmowski.) 1020 : 1.
A. Colonieen von Bac. subtilis.
B. Sporenbildung. *a.* in einem Scheinfaden; *b.* in Einzelstäbchen.
C. Keimung der Sporen; *a—h* aufeinanderfolgende Stadien.

gewöhnlicher Zimmertemperatur oft um einen halben Tag; am schnellsten geht sie vor sich, wenn die Sporen in der Nährlösung 5 Minuten gekocht und dann langsam abgekühlt werden; die Keimung erfolgt unter diesen Umständen schon nach 2—3 Stunden. Die Sporen verlieren dabei ihr dunkeles Aussehen, zugleich verschwindet der lichte Hof, und in der Mitte der Spore tritt eine hellere Zone auf. Diese wird grösser, und dann erscheint an der einen Längsseite eine deutliche Ausbuchtung, an deren Spitze schliesslich die Oeffnung der Sporenmembran erfolgt, um den Keimling hervortreten zu lassen. Dieser verlängert sich zum Stäbchen, bleibt aber mit seinem hinteren Theile einstweilen noch in der Oeffnung der entleerten Sporenmembran stecken, die ihm wie eine Blase anhängt. Oft ist die Sporenmembran selbst noch nach mehrfacher Theilung der Stäbchen deutlich zu erkennen und begleitet die schwärmenden Bacillen auf ihren Wanderungen. Das ausgekeimte Stäbchen steht immer senkrecht auf der Längsachse der Spore; die sich bildende Spore aber hat die gleichgerichtete Längsachse wie das Stäbchen, in dem sie entsteht; folglich entsteht durch die Sporenbildung eine Kreuzung der Wachsthumsrichtungen der Bacillen.[1])

Der Bacillus subtilis ist äusserst verbreitet; seine Sporen finden sich in der Luft, im Staub, auf der Oberfläche aller möglichen Gegenstände. Auf dem Mist von Pflanzenfressern bildet er weisse Efflorescenzen; auf Mistjauche bildet er dicke, faltige Häute. Er gedeiht auf den verschiedensten Nährsubstraten, selbst wenn sie nur wenig organische Substanz enthalten, auf flüssigen ebensowohl wie auf festem, aber feuchtem Nährboden; stärker sauere Reaction der Medien ist jedoch seiner Entwickelung besonders leicht hinderlich. Auf Kartoffelscheiben bildet er weissgelbliche Haufen, auf Flüssigkeiten anfänglich dünne, später dicke, faltige Häute, die schliesslich zu Boden sinken und dann hauptsächlich aus Sporen bestehen. Am einfachsten erhält man eine einigermassen reine Cultur dieses Bacillus dadurch, dass man mit etwas Heustaub eine der gewöhnlichen Nährlösungen inficirt, oder dass man ein Infus von Heu als Nährlösung benutzt; man kocht die Flüssigkeit dann etwa ¼ Stunde; dabei werden fast sämmtliche andere Spaltpilze getödtet und nur die äusserst resistenten Bacillensporen bleiben entwickelungsfähig. Der Bacillus subtilis ist ein Aërobium; schliesst man den Sauerstoff ab, so hört jede Weiterentwickelung des Bacillus auf, die Stäbchen ster-

---

1) Brefeld, Botan. Unters. über Schimmelpilze. Heft 4. Leipz. 1881. — Prazmowski (62).

ben ab, indem sie sich schraubenartig winden und verschrumpfen. Namentlich auch zur Sporenbildung ist die Anwesenheit freien Sauerstoffs erforderlich.

Eine besondere Art der Gährungserregung durch den Bac. subtilis ist nicht bekannt. Früher hielt man ihn für das Ferment der Buttersäuregährung (PASTEUR, COHN), (ausserdem wird nach FITZ die Vergährung von Glycerin unter Bildung von Aethylalkohol durch Bac. subtilis bewirkt)[1]; doch bestehen zwischen dem hier beschriebenen Bac. subtilis und dem ebenfalls sehr verbreiteten und sehr ähnlichen Buttersäurebacillus gewisse Differenzen, die zur Unterscheidung zweier distinkter Arten nöthigen.

Bacillus butyricus (Clostridium butyricum, Bacil-

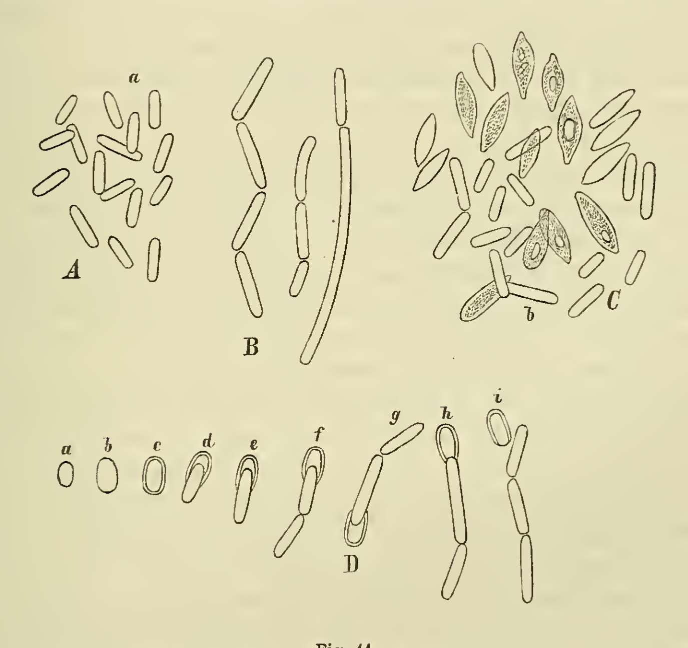


Fig. 44.
Bacillus butyricus. (Nach PRAZMOWSKI.) 1020 : 1.
A u. *B*. Colonieen und Ketten von Bacillen.
C. Colonie mit angeschwollenen, spindelförmigen und sporenbildenden Bacillen.
D. Keimung der Sporen; *a—i* aufeinanderfolgende Stadien.

lus amylobacter).[2]) Stäbchen von 3—10 μ Länge, unter 1 μ breit; oft so dünn, dass sie nicht vom Bac. subtilis zu unterscheiden

1) Ber. d. chem. Ges. Bd. 11, S. 47 u. 1892.

2) Vgl. über Bac. subtilis u. butyricus: COHN, Beiträge. Bd. I, Heft 2, S. 175; Bd. I, Heft 3, S. 188. — PRAZMOWSKI (62). — VAN TIEGHEM, Bull. de la soc. botan. de France. Vol. 24. 1877. — TRÉCUL, Compt. rend. 1865, 1867.

sind. Häufig Bildung von Ketten oder scheinbar ungegliederten Fäden. Meist lebhaft beweglich, zuweilen aber auch Zoogloeabildung. Nach einiger Zeit pflegen die Stäbchen ihr Längenwachsthum einzustellen und in die Dicke zu wachsen; kürzere Stäbchen verdicken sich hauptsächlich in der mittleren Region und nehmen Spindelform an; längere werden oft durch Verdickung an einem Ende kaulquappenförmig. Die Dicke der angeschwollenen Stäbchen beträgt 1,8 bis 2,6 μ. Zugleich wird das Plasma stärker lichtbrechend und die Membran erheblich verdickt. Sodann beginnt die Sporenbildung; die ovoiden Sporen sind 2—2,5 μ lang und 1 μ breit; sie werden nach Auflösung der Mutterzellmembran frei. Die Auskeimung der Sporen geht so vor sich, dass an dem einen spitzen Ende der länglichen Spore die Doppelcontourirung der Sporenmembran schwindet und der Keimschlauch hervortritt; die Längsrichtung des letzteren fällt also hier mit der Längsachse der Spore zusammen. Die derbe Sporenhaut schrumpft nicht und wird oft noch lange von dem jungen Stäbchen nachgeschleppt.

Der Bac. butyricus ist ein exquisites Anaërobium; seine sämmtlichen Lebensfunctionen scheinen von der Gegenwart freien Sauerstoffs vollkommen unabhängig zu sein und durch grössere Mengen desselben sogar unterdrückt zu werden. Auch die Sporenbildung und Auskeimung der Sporen scheint nur bei Sauerstoffabschluss vor sich zu gehen. — Dadurch ist dieser Bacillus von Bac. subtilis auch in physiologischer Beziehung wesentlich verschieden. Ausserdem zeigen die Sporen des Bac. butyricus nicht die gleiche Resistenz, wie die Sporen vom Bac. subtilis. Eine etwa 5 Minuten anhaltende Siedhitze genügt bereits zu ihrer Tödtung (Prazmowski l. c.).

Mit dem Bac. butyricus lassen sich ferner leicht intensive Gährungserscheinungen hervorrufen. In Lösungen von Stärke, Dextrin und Zucker entsteht nach wenigen Tagen unter dem Einfluss des Bac. butyricus eine erhebliche Menge Buttersäure unter gleichzeitiger Entwickelung von Kohlensäure und Wasserstoff. Die Gefässe mit Nährlösungen, in denen die Gährungsversuche angestellt werden sollen, werden am besten luftdicht verschlossen und vor der Einsaat der Bacillen möglichst von Luft befreit; der starke Druck, den die sich ansammelnden Gase nach einiger Zeit ausüben, stört die Entwickelung des Bacillus und den Fortgang der Gährung durchaus nicht. Derselbe Bacillus ist als Ursache der in alter Milch und beim Reifen des Käses auftretenden Buttersäuregährung anzusehen; in der Milch beginnt diese Gährung erst, nachdem eine lebhafte Vegetation von Milchsäurebakterien einen grossen Theil des Milchzuckers in

Milchsäure verwandelt und dabei die Flüssigkeit von Sauerstoff befreit hat. — Auch die Zerlegung des Glycerins in Buttersäure, Aethylalkohol etc. (Fitz) ist vermuthlich auf die Einwirkung dieses Bacillus zurückzuführen. Ferner ist es wahrscheinlich, dass die Zersetzung der Cellulose durch denselben Bacillus erfolgt, und dass dieser dadurch eine gewisse technische Bedeutung, z. B. für die Flachsbereitung, und vielleicht auch eine physiologische Bedeutung für die Verdauung der Cellulose durch Pflanzenfresser erhält. (Diese Cellulose zerstörende Eigenschaft wurde von van Tieghem einem besonderen Bacillus amylobacter zugeschrieben, den aber derselbe Autor später als identisch mit dem von Pasteur als Bac. subtilis beschriebenen Buttersäureferment erklärte).[1])

Eigenthümlich ist die dem Bac. butyricus unter gewissen Bedingungen zukommende Eigenschaft, eine mit Jod sich blau bis schwarz-violett färbende Verbindung im Plasma auftreten zu lassen. Diese Eigenschaft ist am leichtesten zu beobachten, wenn der Bacillus in stärkehaltigem Substrat cultivirt wird; aber auch wenn Stärke fehlt und statt dessen Cellulose, oder milchsaurer Kalk, oder Glycerin zugegen ist, tritt die Färbung ein; in dextrin- und zuckerhaltigen Nährlösungen scheint sie selten vorzukommen. Junge Stäbchen färben sich rein blau, ältere dunkelviolett; bei einigen werden nur einzelne Querzonen blau, andere Stäbchen werden in continuo gefärbt. (Vgl. unter Leptothrix.)

Auch der Bac. butyricus ist ausserordentlich verbreitet und leicht aus verschiedenen faulenden Pflanzenaufgüssen, aus Heustaub, aus Käse zu erhalten. Ferner findet er sich in den Zellen milchsaftführender Pflanzen.

Es ist noch eine grössere Reihe anderer möglicherweise zymogener, zum Theil auch sehr verbreiteter Bacillen bekannt, deren morphologische Charaktere oder physiologische Wirkungen aber nicht so sorgfältig erforscht sind, wie bei den vorstehenden Arten. Folgende seien hier kurz erwähnt:

Bacillus Ulna. Zellen 1,5—2,2 μ breit, 3—12 μ lang; zuweilen granulirter Inhalt. Cultivirbar auf gekochtem Hühnereiweiss; auf der Oberfläche bildet sich schliesslich ein dickes trockenes Häutchen, das aus langen in einander verfilzten Bündeln von Scheinfäden besteht. In diesen bilden sich die Sporen, die 2,5—2,8 μ lang und über 1 μ breit sind. — Eine Gährwirkung dieses Bacillus ist nicht bekannt; das Eiweiss, auf dem er wächst, scheint kaum merkbar alterirt zu werden.

Bacillus (Clostridium) Polymyxa. In Grösse, Gestalt und Entwickelung dem Bac. butyricus ganz ähnlich, in dessen Begleitung er

1) Compt. rend. Vol. 89, p. 7. — Vgl. übrigens unter Spirillum Rugula.

vorkommt. Nur findet man bei dieser von Prazmowski (l. c.) unterschiedenen Gattung eigenthümliche, schlauchartig erweiterte und wellig gebogene Fäden ohne jede Gliederung; sie zerfallen später in kürzere Glieder, in denen sich dann Sporen ausbilden. Ausserdem aber bedarf Bac. Polymyxa des freien Sauerstoffs zum Wachsthum und zur Sporenbildung; alsdann äussert derselbe keine besonderen Fermentwirkungen. Wird aber der Sauerstoffzutritt behindert, so veranlasst der Bacillus eine intensive Gährung, deren Qualität noch nicht bekannt ist.

Bacillus tremulus. Kürzer und dünner wie Bac. subtilis; an beiden Enden mit einer Geissel. Macht eigenthümlich zitternd rotirende Bewegungen. Die Spore wird dicker als der Bacillenkörper, quillt blasenartig aus dem Bacillus hervor; die ausgewachsene Spore erscheint gewöhnlich seitenständig. Bei üppigem Wachsthum sieht man 2—3 vollständig entwickelte und einige verkümmerte Sporen. — Von Koch auf faulenden Pflanzenaufgüssen beobachtet, auf denen er eine dicke schleimige Haut bildet.

(Andere Bacillen s. in Koch's Photogrammen, Cohn's Beiträge, 2. Bd., 3. Heft, Tafel 15; und Mitth. a. d. Gesundheitsamt, Fig. 44—48, 73—76.)

b) Pigmentbildende Bacillen.

Bacillus ruber. Lebhaft bewegliche Stäbchen, isolirt oder zu 2 u. 4 aneinanderhängend; in einigen 2—4 stärker lichtbrechende Körnchen. Verursachte auf gekochtem Reis eine mennig- bis ziegelrothe Färbung (Frank).[1]

Bacillus erythrosporus. Bewegliche kurze dünne Stäbchen, zum Theil Fäden bildend; in denselben zahlreiche ovale schmutzigrothe Sporen. Bildet auf Fleischextractlösung, auf faulender Eiweissflüssigkeit kleine schwimmende Schüppchen oder zusammenhängende Häutchen.[2]

Bacillus der blauen Milch (Bacterium syncyanum). Das Blauwerden der Milch tritt stets unter reichlicher Bakterienentwickelung auf; die Färbung entsteht, nachdem die Säuerung der Milch vorgeschritten, aber noch nicht bis zur vollständigen Gerinnung gediehen ist. Oertliche und zeitliche Schwankungen lassen sich bei dieser Infection ähnlich wie bei Epidemieen beobachten; starke Luftfeuchtigkeit scheint begünstigend zu wirken, während der Temperatur, dem Licht etc. keine besondere Bedeutung zuzukommen scheint. Die pigmentbildenden Spaltpilze lassen sich auf andere Milch mit Erfolg übertragen; ebenso kann man in einer Nährlösung von milchsaurem Ammoniak die Spaltpilze und den Farbstoff züchten (Neelsen). — Die morphologischen Charaktere der den Farbstoff producirenden Bakterienart sind

1) Cohn's Beiträge, Bd. I, Heft 3, S. 181.

2) Cohn u. Miflet, Cohn's Beiträge, Bd. III, Heft 1, S. 128.

noch nicht genügend festgestellt. Neelsen beschreibt die specifischen Organismen als lebhaft bewegliche Stäbchen, die nach der Theilung leicht mit einander verbunden bleiben und Ketten bilden; ihre Länge beträgt 2,5—3,5 μ, die der Doppelstäbchen 5,5—6 μ.[1])

Diese Bacillen sollen nach Neelsen unter Umständen in Ketten von biscuitförmigen Zellen übergehen, welche Gonidien repräsentiren; unter anderen Verhältnissen sollen sie in längere Bacillen oder auch in eine Kokkenform sich verwandeln. Die zu diesen Annahmen veranlassenden Beobachtungen sind aber nicht an Reinculturen gemacht, und andererseits sind die unzweifelhaft gleichzeitig vorhanden gewesenen Bakterien der Milchsäuregährung etc. nicht genügend berücksichtigt. Eine genaue Differenzirung der in der Milch sowohl unter normalen wie unter abnormen Verhältnissen auftretenden Bakterienformen muss späteren Forschungen vorbehalten bleiben.

c) Pathogene Bacillen.

Bacillus anthracis (Bactéridie du charbon). Stäbchen von 5—20 μ Länge und 1,0—1,25 μ Breite, die sich theilen, nachdem sie bis etwa zur doppelten Länge ausgewachsen sind. Häufig findet man Bacillen mit einer beginnenden Quertheilung in ihrer Mitte; manche sind an dieser Stelle geknickt oder hängen unter einem Winkel lose zusammen. — Die Stäbchen erscheinen etwas anders in Präparaten, welche durch Eintrocknen einer dünnen Schicht des Blutes der Milzpulpa etc. und nachfolgendes Färben hergestellt sind. Die Bacillenketten sind dann deutlich gegliedert; die einzelnen Bacillen erscheinen in Länge und Breite nicht verändert, aber an den Enden abgestutzt, nicht abgerundet; die Glieder sind nicht durch eine einfache Querlinie geschieden, sondern die helle Trennungslinie besitzt in der Mitte eine kleine Anschwellung und die Verbindungsstelle zwischen 2 Gliedern zeigt somit eine schwache knotenförmige Verdickung. — Geisseln lassen sich nicht bemerken; die Stäbchen werden auch stets ohne Bewegung gefunden. Sie gehören nach Pasteur zu den Aërobien.

Auf geeignetem Nährsubstrat und bei circa 36° wachsen die Bacillen zu langen Fäden aus, welche vielfach gewunden sein können und oft die hundertfache Länge und mehr der ursprünglichen Bacillen erreichen. In denselben treten nach einiger Zeit kleine, stärker lichtbrechende Körnchen in regelmässigen Abständen auf, und diese werden zu den länglich runden Sporen, während die Fäden allmählich aufgelöst werden. Jede Spore ist von eiförmiger Gestalt und

1) Neelsen, Cohn's Beiträge. Bd. III, Heft 2.

in eine kugelige, glashelle Masse eingebettet. Bei der Keimung der Sporen verliert diese Masse zuerst ihre Kugelgestalt, und der Keimschlauch wächst in der Richtung der Längsachse der Spore hervor;

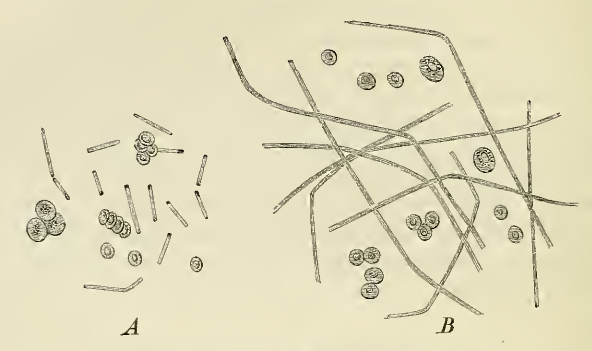


Fig. 45 a.
Milzbrandbacillen. (Nach Koch.) 650 : 1.
A. Aus dem Blut eines Meerschweinchens.
B. Aus der Milz einer Maus nach 3 stündiger Cultur in humor aqueus.

letztere bleibt anfangs noch an dem einen Ende des jungen Stäbchens hängen.

Die Milzbrandbacillen sind leicht auf künstlichem Nährsubstrat zu züchten: auf Kartoffelscheiben, auf Gelatine, auf amylumhaltigen

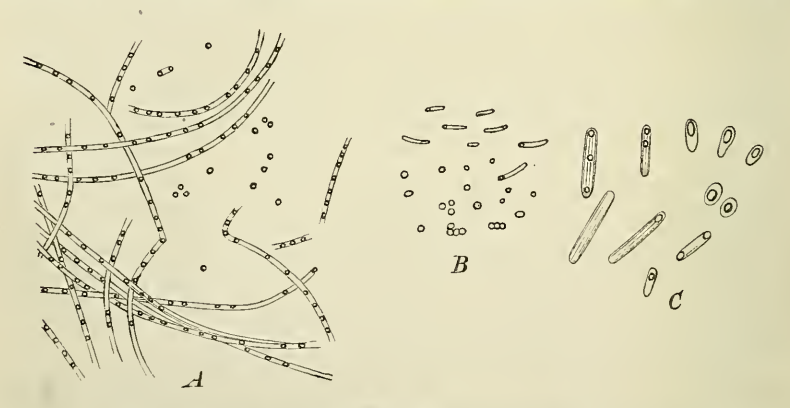


Fig. 45 b.
Milzbrandbacillen; Sporenbildung und Sporenkeimung. (Nach Koch.)
A. Aus der Milz einer Maus nach 24 stündiger Cultur in humor aqueus. Perlschnurartig gereihte Sporen in den Fäden. 650 : 1.
B. Keimung der Sporen. 650 : 1.
C. Dieselbe bei starker Vergrösserung. 1650 : 1.

Pflanzensamen, auf saftreichen Wurzeln; ferner lassen sie sich in alkalischem Harn, in neutralisirtem Heuinfus cultiviren und bei geeigneter Temperatur auch zur Sporenbildung bringen. Sie gedeihen

vorzüglich im Blut des thierischen, lebenden Körpers; und ihre Entwickelung ist dann die Ursache der Milzbrandkrankheit. Ein ganz besonderes Interesse haftet den Milzbrandbacillen deshalb an, weil sie den ersten Fall repräsentiren, in dem mit Sicherheit eine auch beim Menschen vorkommende Infectionskrankheit auf einen pflanzlichen Mikroparasiten zurückgeführt werden konnte; ferner weil diese Krankheit so leicht auf verschiedene Thiere übertragbar und dadurch experimentellen Studien zugänglich ist. Die kleinste Spur einer Cultur von Milzbrandbacillen, auf Mäuse, Kaninchen, Meerschweinchen, Igel, Sperlinge, Schafe, Rinder, Pferde überimpft, führt die Erkrankung resp. den Tod an Milzbrand herbei, der z. B. bei Mäusen nach etwa 20, bei Kaninchen nach 42 Stunden eintritt. Bei den getödteten Thieren finden sich die Bacillen in grössten Massen in der angeschwollenen Milz, ferner überall im Capillargefässsystem, namentlich in Lunge, Leber, Niere, Darm; in den grossen Gefässen sind dagegen oft nur vereinzelte Bacillen anzutreffen. — Gewisse Racen von Hammeln (algierische) und weisse Ratten scheinen relativ immun gegen Milzbrand zu sein.

Im Körper des lebenden Thieres vermehren sich die Bacillen nur durch Quertheilung und bilden niemals Sporen. Diese entstehen erst in todtem Nährsubstrat, aber auch nur unter bestimmten Bedingungen, unter welchen eine geeignete Temperatur am wichtigsten ist. Die obere Temperaturgrenze liegt etwa bei 43⁰; die untere bei 12—18⁰; unter 12⁰ scheint Wachsthum der Fäden oder Sporenbildung nicht mehr stattzufinden. Sind daher Milzbrandcadaver tief in den Boden verscharrt, wo — in unseren Breitengraden — eine unter 12⁰ liegende constante Temperatur herrscht, so kommt es nicht zur Sporenbildung, und die Bacillen selbst gehen bald, ohne in die Dauerform übergeführt zu sein, zu Grunde. Pasteur's Behauptung, dass in den verscharrten Cadavern sich die Bacillen oder deren Sporen conserviren und dann aus der Tiefe namentlich durch Regenwürmer an die Bodenoberfläche gebracht würden, ist daher völlig unwahrscheinlich. Vielmehr haben wir die Infection ungefähr in folgender Weise zu denken: Die hier und da seit ältester Zeit verbreiteten Keime können in sumpfigen Gegenden, an Flussufern etc. auf passendem pflanzlichen Nährsubstrat sich weiter entwickeln und neue Sporen bilden; diese werden dann namentlich durch Ueberschwemmungen und Hochwasser Weideplätzen zugeführt und gelangen so in die Futtermittel. Dieser Verbreitungsweg erklärt dann auch die weitaus am häufigsten beobachtete Infection vom Darm aus (Koch). — Nach Buchner sollte eine allmähliche Umzüchtung

von Heubacillen in Milzbrandbacillen möglich sein; jedoch konnten die von Buchner beigebrachten experimentellen Belege für diese Behauptung aufs Entschiedenste wiederlegt werden (Koch); vgl. im folg. Abschnitt.

Bacillus des malignen Oedems, bei Mäusen, Meerschweinchen, Kaninchen beobachtet (Vibrion septique Pasteur's).[1]) Stäbchen von 3,0—3,5 μ Länge, 1—1,1 μ Breite; meist liegen zwei an einander und repräsentiren dann die doppelte Länge; häufig trifft man Scheinfäden von 15—40 μ Länge. Die Fäden erscheinen relativ starr, sind oft gebrochen oder geknickt. In gefärbten Präparaten haben sie leicht ein etwas körniges Ansehen. Milzbrandbacillen unterscheiden sich von den Oedembacillen durch ihre etwas grössere Breite, ihre abgestutzten Enden und ihre eigenthümliche Gliederung in gefärbten Präparaten. Ausserdem findet man im frischen Milzbrandblut nicht die zahlreichen langen Fäden der Oedembacillen; und ferner sind die Oedembacillen zuweilen — freilich durchaus nicht immer — beweglich, während Milzbrandbacillen stets ohne Bewegung sind. — Die Oedembacillen gehören nach Pasteur zu den Anaërobien.

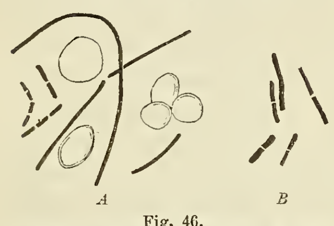


Fig. 46.
Bacillus des malignen Oedems (Vibrion septique). (Nach Koch.) 700 : 1.
A. Aus der Milz eines Meerschweinchens.
B. Aus der Lunge einer Maus.

Die Oedembacillen resp. ihre Sporen scheinen sehr weit verbreitet zu sein. In den oberen Culturschichten des Erdbodens (Gartenerde), im Heustaub, in faulenden Flüssigkeiten, ferner namentlich in Leichen erstickter Thiere, wenn diese eine Zeitlang bei höherer Temperatur der Zersetzung überlassen waren, finden sich die Bacillen resp. ihre Keime. Aus allen diesen Substraten kann man sie Versuchsthieren mit Erfolg einimpfen. Wird infectiöser Heustaub, Gartenerde etc. einem Meerschweinchen unter die Haut gebracht, so erkrankt es sehr bald und ist nach 24—48 Stunden verendet. Bei der Section findet sich als auffälligstes Symptom ein von der Impfstelle ausgehendes, weit verbreitetes, subcutanes Oedem, mit klarer röthlicher, stark bacillenhaltiger Oedemflüssigkeit und einzelnen Gasbläschen. Die inneren Organe sind wenig verändert, nur die Milz ist meist vergrössert und dunkler gefärbt, und die Lunge hat ein blass-graurothes Colorit. Unmittelbar nach dem Tode findet man im Herzblut keine oder wenig Bacillen, dagegen reichlich in dem

1) Koch, Mitth. a. d. Gesundheitsamt, S. 54. — Gaffky, ebenda, S. 88. — Pasteur, Bull. de l'Acad. de méd. 1877, p. 793.

Saft der verschiedensten Organe, ferner namentlich in und auf dem serösen Ueberzug der Organe. (Auch darin besteht ein wichtiger Unterschied gegenüber dem Milzbrand.) Ist einige Zeit nach dem Tode verflossen, so finden sich die Bacillen überall, auch im Herzblut, in grösster Menge; offenbar vermögen sie sich also im todten Körper lebhaft zu vermehren. Bei Mäusen finden sich indess die Bacillen schon unmittelbar nach dem Tode regelmässig im Herzblut und in den Blutgefässen der Organe; hier ist daher eine Verwechslung mit Milzbrand besonders leicht möglich. — Die Weiterimpfung gelingt im Allgemeinen nicht mit so kleinen Mengen Impfmaterial und nicht mittelst so minimaler Verletzungen wie beim Milzbrand; namentlich muss das Impfmaterial wirklich ins subcutane Gewebe gebracht und das Corium durchschnitten werden.

Die Cultur der Oedembacillen ausserhalb des Thierkörpers gelingt nur schwierig; nach Pasteur sollen sie in Blutserum oder auch in neutralisirter Lösung von Liebig'schem Fleischextract bei Luftabschluss resp. im kohlensäurehaltigen Raum wachsen. Gaffky gelang die Züchtung dadurch, dass ein Stückchen bacillenhaltiger Leber in das Innere einer Kartoffel gebracht wurde, welche man sofort wieder mit Kartoffelmasse verschloss und dann bei 38^0 aufbewahrte. In ähnlicher Weise gelang eine Weiterzüchtung, ohne dass die Virulenz der Bacillen abnahm. Die Culturen scheinen sehr leicht durch den Bacillus butyricus verunreinigt zu werden, der ebenfalls bei Sauerstoffabschluss und hoher Temperatur besonders gedeiht. Exacte Beobachtungen über die Sporenbildung der Oedembacillen etc. fehlen daher noch.

Dass Pasteur's Vibrion septique mit dem hier beschriebenen Oedembacillus identisch ist, erscheint nach den gegebenen Abbildungen und der ganzen Beschreibung zweifellos; nur scheint Pasteur das maligne Oedem meist nicht rein vor Augen gehabt zu haben, sondern entsprechend den faulenden Flüssigkeiten, von denen er ausgegangen ist, stets mit Intoxicationserscheinungen oder mit anderen Formen von Septicämie complicirt.

B a c i l l u s d e s R a u s c h b r a n d s, Bactérie du charbon symptomatique.[1]) An den Enden abgerundete Stäbchen; meist mit einer glänzenden Spore am einen Pole. Dieselben sind beweglich (im Gegensatz zu den Milzbrandbacillen). Sie werden als Ursache einer Krankheit des Rindviehs angesprochen, die zuweilen endemisch auf-

1) Arloing, Cornevin u. Thomas, Bull. de l'Acad. de méd. 1881. — Bollinger, Feser, Deutsche Zeitschr. f. Thiermedicin. 1878—79. — Vgl. Röll, Die Thierseuchen, Wien 1881.

tritt und als „Rauschbrand“ bekannt ist. Man findet bei den gefallenen Thieren die Bacillen regelmässig in dem Unterhautbindegewebe, in den Lymphdrüsen, in Nieren, Milz und Lunge. — Die Krankheit charakterisirt sich anfangs durch Unlust zum Fressen, dann bildet sich an irgend einer Körperstelle ein unregelmässiger Tumor in der Haut, der sich rasch vergrössert und im Centrum ein deutliches Knistern fühlen lässt. Unter abnormem Sinken der Körpertemperatur erfolgt der Tod 36—48 Stunden nach der Infection. Impfung mit den zerquetschten bacillenhaltigen Organen oder mit Substanz des Tumors bewirkt bei Meerschweinchen, Kaninchen, Kälbern, Hammeln regelmässig dieselben Krankheitserscheinungen; weisse Ratten, Hunde, Hühner etc. sind immun. Direct in die Venen injicirt soll das Impfmaterial viel geringere Wirkung äussern als bei der Impfung ins subcutane Gewebe; erst sehr grosse Dosen erzeugen von den Venen aus eine heftigere Erkrankung mit mehrfachen Tumoren; nach geringer Injection entsteht eine abortive Krankheit, die aber für spätere, auch subcutane Impfungen immun macht. Dieselbe prophylaktische Wirkung haben auch minimale subcutan applicirte Dosen des Impfmaterials (Arloing, Cornevin u. Thomas). — Eine künstliche Züchtung der Bacillen ist bis jetzt noch nicht gelungen, und es bleibt daher eine vollständigere Untersuchung ihres Entwickelungsmodus und ihrer Wirkungen abzuwarten.

Ausser den 3 im Vorstehenden beschriebenen pathogenen Bacillenformen giebt es vermuthlich noch einige andere, die den Milzbrandbacillen ähnlich sind und ähnliche Krankheitserscheinungen hervorrufen; auf ihre Unterscheidung ist in Zukunft besondere Sorgfalt zu verwenden. (Die von Köhler beobachtete pathogene Bacillenform scheint mit dem Oedembacillus identisch zu sein.)[1] Heustaub und Blut im Anfangsstadium der Fäulniss scheinen namentlich häufig Keime solcher dem Milzbrandpilz ähnlicher Bacillen zu enthalten.

Bacillus der Septicämie bei Mäusen (Koch). Ausserordentlich kleine, 0,8—1,0 μ lange und 0,1—0,2 μ dicke Bacillen; oft hängen 2 an einander, selten kommen Ketten von 4 Gliedern vor. Bei weiterer Cultur scheint es nicht zur Fadenbildung, sondern nur zu einer Zusammenlagerung der Bacillen zu dichten Haufen zu kommen. Zuweilen sind Sporen zu beobachten. Eine Eigenbewegung konnte bis jetzt nicht constatirt werden. — Vorzugsweise findet man die Bacillen innerhalb der weissen Blutkörperchen; in diesen vermehren sie sich, und in manchen Fällen sieht man statt der weissen

1) F. Köhler, Der Heupilz etc. Dissert. Göttingen 1881.

Blutzellen nur noch dichte, an den Rändern zerfallende Bacillenklumpen.

Die Bacillen resp. ihre Keime finden sich häufig in faulenden Flüssigkeiten. Impft man eine Reihe von Mäusen mit einer mini-



Fig. 47.
Bacillen der Septicämie bei Mäusen. (Nach KOCH.) 700 : 1.
A. Blut einer septicämischen Maus. Rothe Blutkörperchen und dazwischen Bacillen.
B. Weisse Blutkörperchen mit Bacillen.

malen Menge beliebiger faulender Flüssigkeiten, so erkranken fast stets einige an einer Form von Septicämie, die durch die in Rede stehenden Bacillen bedingt ist. Zunächst tritt vermehrte Secretion der Conjunctiva und Verklebung der Augen, Mattigkeit etc. ein; das Thier sitzt dauernd ruhig mit gekrümmtem Rücken und in dieser Stellung tritt, 40—60 Stunden nach der Impfung, fast unmerklich und ohne Krämpfe der Tod ein. (Auch nach dem Tode bleibt die Maus meist in derselben hockenden Stellung, während eine an Milzbrand verendete Maus auf dem Rücken oder auf der Seite, mit ausgestreckten Extremitäten liegt). — Bei der Section findet sich zuweilen geringes Oedem an der Impfstelle, ferner beträchtliche Milzschwellung, ausserdem aber zeigt sich keine Veränderung. Die charakteristischen Bacillen findet man in reichlicher Menge im subcutanen Zellgewebe, in der Umgebung der Impfstelle und von da weit vordringend; ferner im gesammten Blutgefässsystem, sowohl in den grösseren Gefässen wie in den Capillaren sämmtlicher Organe. Die allerminimalste Quantität solchen Blutes genügt zum Weiterimpfen der Krankheit. — Feldmäuse sind gegen diese Septicämie immun; Sperlinge erliegen ihr dagegen wie Hausmäuse. Kaninchen zeigen im Allgemeinen keine Empfänglichkeit; impft man dieselben aber am Ohr, so entsteht ein locales Erysipel von charakteristischem Verlauf; und ferner entsteht auf eine Impfung der Cornea hin ein intensiver Entzündungsprocess am Auge. Diese Affectionen beim Kaninchen sind dadurch noch besonders merkwürdig, weil alle Thiere, welche diese Impfung am Ohr oder auf der Cornea einmal überstanden haben, völlig immun gegenüber jeder neuen Impfung sind.

Die Bacillen lassen sich leicht ausserhalb des Thierkörpers cultiviren; sie wachsen auf Gelatine, die mit Humor aqueus vom Rinde bereitet ist; besonders gut aber auf einer Nährgelatine mit Fleischinfus, 1% Pepton, 0,6% Kochsalz und so viel phosphorsaurem Natron, dass das Gemisch schwach alkalisch reagirt. Auf diesem Nährsubstrat bilden die wachsenden Bacillen sehr charakteristische und leicht erkennbare verästelte Figuren.

Anm. Während des Druckes dieser Bogen erfolgte die erste Publikation Koch's über den Bacillus der Tuberkulose (Berl. klin. Wochenschr. 1882, No. 15). Dieser so überaus wichtige Fund unseres bedeutendsten Mykologen sei hier in Kürze nachträglich eingeschaltet. — Die Bacillen der Tuberkulose sind 2—4, selten 8 μ lang, sehr dünn, den Leprabacillen ähnlich, aber etwas schlanker und an den Enden zugespitzt. Oft bilden sie bündelartige Gruppen. Kommen Riesenzellen in den tuberkulösen Bildungen vor, so liegen sie gewöhnlich im Innern dieser. Sie haben keine Eigenbewegung. Zuweilen bilden sie schon innerhalb des Thierkörpers 2—4 Sporen von ovaler Gestalt. — Die Bacillen finden sich bei allen frischen oder im Fortschreiten begriffenen tuberkulösen Processen; sie sind bei Miliartuberkulose, käsiger Bronchitis und Pneumonie des Menschen ebenso constant beobachtet, wie bei der Perlsucht des Rindviehs; ferner konnten sie in den Sputis von Phthisikern erkannt werden. Ihr Nachweis stösst nur deshalb auf Schwierigkeiten, weil sie bezüglich der Färbemethoden sich von anderen Spaltpilzen abweichend verhalten. Aufs Deutlichste sind dagegen die Bacillen zu erkennen, wenn man eine Lösung benutzt von 200 Ccm. destillirtem Wasser, mit 1 Ccm. einer concentrirten alkoholischen Lösung von Methylenblau vermischt, durchgeschüttelt und dann mit 0,2 Ccm. einer 2 procentigen Kalilauge versetzt. In dieser Lösung lässt man die in üblicher Weise vorbereiteten Präparate 20—24, oder wenn man auf dem Wasserbade auf 40° erwärmt, eine halbe bis 1 Stunde. Darauf werden die Präparate mit einer concentrirten filtrirten wässrigen Lösung von Vesuvin übergossen und nach 1—2 Minuten abgespült; alle Zellkerne und alle anderen Bakterien (mit Ausnahme der Leprabacillen) erscheinen dann braun gefärbt, während die Bacillen der Tuberkulose sich tief blau gefärbt abheben. (Vgl. den vierten Abschnitt.)

Die Bacillen lassen sich auch künstlich cultiviren; nur wachsen sie sehr langsam und nur bei einer Temperatur zwischen 30 und 41°. Zu den Culturen eignet sich am besten Gelatine, die mit Serum von Rinds- oder Schafblut präparirt ist; auf diese wird mit grösster Vorsicht etwas bacillenhaltige Substanz gebracht und die Cultur dann bei 37—38° gehalten. Erst nach 8—10 Tagen ist ein Wachsthum der Bacillen wahrnehmbar; es bilden sich kleine trockene Schüppchen, die ganz aus Bacillen bestehen und allmählich sich vergrössern. Gegen die 3.—4. Woche hin tritt ein Stillstand ein, das Wachsthum schreitet nicht weiter fort, und es ist dann die Ueberimpfung eines Schüppchens auf eine neue Gelatine erforderlich. Setzt man diese Culturen längere Zeit von Gelatine zu Gelatine fort, so werden sie darum nicht weniger wirksam; eine relativ

Bei einer grösseren Reihe von Krankheiten sind ausserdem noch Bacillen aufgefunden und als Krankheitsursache verdächtig; jedoch ist die Entwickelungsgeschichte derselben meist noch nicht lückenlos verfolgt, oder es sind ihre Beziehungen zu der fraglichen Krankheit nicht völlig klar gestellt. Aus dieser Gruppe seien folgende Formen erwähnt:

Bacillus des erysipelatösen Processes beim Kaninchen. Von Koch bei einem Erysipel des Ohrs gefunden, welches ein Kaninchen nach einer Injection von aufgeweichtem Mäusekoth befiel. Bacillen von 3,0 μ Länge, 0,3 μ Dicke; Fäden bis zu 10 μ lang. Uebertragung und Cultur der Bacillen wurde nicht versucht.[1])

Bacillus des Erysipelas malignum (Rothlauf, Pneumoenteritis) beim Schwein. Sehr kleiner Bacillus (Bac. minimus, Klein) von 1—3 μ Länge; wachsen in Culturapparaten zu Fäden aus, in denen ovale Sporen von 0,5 μ Längsdurchmesser auftreten. Bei dem Rothlauf der Schweine im ausgepressten Gewebssaft der Lungen, im Eiter von Abscessen etc., aber nicht im Blut gefunden (Klein).[2])

Bacillus Leprae (Lit. 261). Feine schlanke Stäbchen, zuweilen an beiden Enden etwas verjüngt; 4—6 μ lang, unter 1 μ breit. Eine Schleimhülle scheint das ganze Stäbchen zu umgeben. Deutliche Eigenbewegung. — Die Bacillen färben sich im Ganzen schwierig; am besten noch mit Fuchsin, ferner mit saurer Eosin-Hämatoxylinmischung. Manche Stäbchen zeigen kugelige Anschwellungen, manche helle, ungefärbte Lücken; ausserdem findet man zuweilen kleine spitzkugelförmige Körner; diese Befunde scheinen auf Sporenbildung zu deuten, die aber noch nicht in lückenloser Folge beobachtet werden konnte. — Die Bacillen kommen constant vor in den Neubildungen der Haut, der Schleimhaut des Mundes, Gaumens und Kehl-

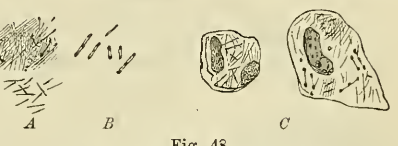


Fig. 48.
Bacillus Leprae. (Nach Neisser.)
Zeiss, Oelimm. 1/12, Oc. 4. (950:1).
A. Bacillen; *B.* solche mit Lückenbildung; *C.* Zellen aus Lepraknoten mit Bacillen.

geringe Menge der Cultur, auf ein Versuchsthier überimpft, verursachte unfehlbar den Tod desselben an tuberkulösen Processen. Am empfänglichsten waren Meerschweinchen und Kaninchen; aber auch Hunde und Katzen konnten inficirt werden. Die Impfung konnte dabei beliebig durch Injection in das subcutane Zellgewebe oder in die Bauchhöhle oder in die vordere Augenkammer oder direct in den Blutstrom erfolgen; nur von oberflächlichen, flachen Wunden aus trat keine Infection ein. — Näheres s. im Original.

1) Koch, Wundinfectionskrankheiten, Leipzig 1878, S. 63.

2) Klein, Report on Infectious Pneumoenteritis of the Pig, im Rep. of the Medic. Offic. of the Privy Council 1877—78.

kopfes; in den interstitiellen Processen der peripherischen Nerven, der Cornea und des Knorpels, des Hodens; ferner in Lymphdrüsen, Milz, Leber. In der Haut sind sie namentlich in den circumscripten Knotenbildungen und in den diffusen Infiltrationen zu finden. Fast durchgängig liegen sie hier im Innern der charakteristischen grossen runden Leprazellen. — Von Neisser wurden die Bacillen in Blutserum und in alkalischer Fleischextractlösung gezüchtet; jedoch war die Reinheit der Culturen schwer controlirbar, da es keine Versuchsthiere giebt, auf welche Lepra übertragbar ist und durch welche die Virulenz der Culturen erwiesen werden kann. Trotzdem spricht die Constanz der Bacillenfunde und das charakteristische Verhalten der Stäbchen entschieden dafür, dass wir in letzteren den Infectionserreger der Lepra zu suchen haben.

Bacillus Malariae (Lit. 263). Von Klebs ist mit diesem Namen ein Bacillus belegt, den derselbe aus schlammiger Erde von Malariaboden erhalten und in Hausenblasengallerte gezüchtet hatte. Klebs beschreibt diesen Bacillus folgendermassen: „Stäbchen von 2—7 μ Länge, welche zu gewundenen Fäden heranwachsen, die entweder durch Auftreten heller Zwischenräume, seltener von Scheidewänden in ihrem Protoplasma sich gliedern und dann schliesslich an der Luft ausgesetzten Oberflächen Fadenbüschel von kurzen Gliedern bilden, oder Dauersporen in ihrem Innern entwickeln, sei es schon vor der Gliederung oder erst nach derselben. In den Gliedern entstehen die Dauersporen median oder endständig, oder man findet sowohl mediane wie endständige.“

Fig. 49.
Bacillus malariae (?). (Nach Klebs.) Bacillen aus einer Cultur von Schlamm vom Lago di Caprolace. Zeiss 1/12 Oelimm. Oc. 4. (950 : 1.)

Diese Bacillen gedeihen auf verschiedenen stickstoffreichen Flüssigkeiten (Leim-, Eiweisslösung, Harn etc.); bei Abschluss des Sauerstoffs entwickelten sie sich nicht weiter, sie gehören daher zu den Aërobien. Auf Kaninchen überimpft, erzeugten sie fieberhafte Erkrankungen, die Klebs als Malaria anspricht; namentlich in Milz und Knochenmark der gestorbenen Thiere fanden sich reichlich Sporen und Fäden des beschriebenen Bacillus. — Später fanden Cuboni u. Marchiafava[1]) im Blut von Malariakranken zur Zeit des Eintritts des Fiebers bewegliche kurze, meist mit 2 endständigen Sporen versehene Bacillen; in geringerer Zahl fanden sich indess dieselben Bacillen auch bei malariafreien Personen. Die Form dieser Bacillen stimmt mit einigen Abbildungen des Klebs'schen Bacillus Malariae überein, während andere Differenzen zeigen.

Die Morphologie und Entwickelungsgeschichte dieser von Klebs, Cuboni u. A. beschriebenen Bacillen ist keineswegs vollkommen klar; über die

1) Arch. f. exper. Pathol. Bd. XIII, S. 265. 1881.

Identität der verschiedenen aufgefundenen Formen ist daher kein Urtheil abzugeben. Die Krankheitserscheinungen bei den geimpften Kaninchen sind durchaus nicht sicher als Malariasymptome zu deuten; der häufige Befund von Bacillen im Blut lebender, auch gesunder Menschen widerspricht allen bisherigen Beobachtungen. Einstweilen erscheint daher die Bedeutung des Bac. Malariae noch durchaus zweifelhaft, und man wird im Urtheil um so vorsichtiger sein müssen, seit man weiss, dass in den verschiedensten Culturerden sich pathogene Bacillen (wie die Bacillen des malignen Oedems) von noch unbekannter Mannigfaltigkeit finden.

Beim Typhus abdominalis fand Eberth (Lit. 280) unter 23 untersuchten Fällen 12 mal, später unter 17 Fällen 6 mal in Lymphdrüsen und Milz kurze Stäbchen, an den Enden leicht abgerundet, verschmälerten Ovoiden gleichend; zuweilen waren Sporen in den Bacillen sichtbar. Letztere unterschieden sich von anderen ähnlichen Spaltpilzen noch besonders dadurch, dass sie mit Methylviolett sich nur sehr schwach färbten.[1]) (Ueber die Mikrokokkenfunde von Klein, Sokoloff, Fischel u. A. s. bei Eberth).

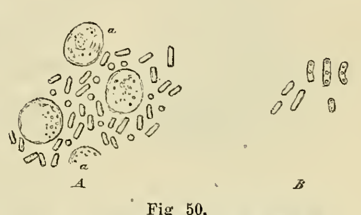


Fig 50.
Bacillus typhosus (?). (Nach Eberth.)
A. Aus einer ileocöcalen Lymphdrüse. (*a*) Lymphkörper.
B. Isolirte Bacillen mit sporenähnlichen Körperchen. Hartnack 12, Ocul. 3.

Auch Klebs (Lit. 281) behauptet, constant in den Darminfiltraten, ferner in den Mesenterialdrüsen, in Kehlkopf, Lunge etc. bei an Typhus Gestorbenen Bacillen gefunden zu haben; auf der Höhe der Entwickelung sollen diese über 50 μ lange und 0,2 μ breite Fäden zum Theil mit Sporen bilden; ehe sie zu dieser Entwickelung heranreifen, sollen sie auch kürzere Stäbchen bilden, die ebenfalls schon Sporen enthalten können. Diese Bacillen lassen sich nach Klebs unter günstigen Umständen auf die Darmschleimhaut des Kaninchens übertragen und entwickeln sich dort zum Fadenmycel. — Ferner hat Klebs[2]) Bacillen als Contagium der Syphilis bezeichnet. In allen diesen Fällen ist jedoch die Beweisführung in keiner Weise ausreichend, um die Identität der gefundenen Mikroorganismen mit den vermutheten pathogenen darzuthun.

VII. Gattung, Leptothrix.

Lange dünne Fäden, 0,7—1,0 μ dick, scheinbar ungegliedert, farblos; oft zu dichten Bündeln oder verfilzten Massen vereinigt. Kommen mit Mikrokokken und anderen Spaltpilzen gemengt in der Mundhöhle, im Beleg der Zähne etc. vor und sind dann mit der besonderen Bezeichnung Leptothrix buccalis belegt. Charak-

---

1) Eberth, Virchow's Archiv. Bd. 83, S. 486.

2) Arch. f. exp. Path. Bd. X. 1879.

teristisch für diese letztere Form ist die Einlagerung der Fäden in dichte Massen von Mikrokokken. Ferner zeigen die Fäden der Leptothrix buccalis nach Leber[1]) eine besondere Reaction: sie färben sich mit Jod und Säure violett; Jod allein bewirkt die Färbung nicht, es muss gleichzeitig Säure zugesetzt werden; aber nicht etwa nothwendig Schwefelsäure (wodurch die Reaction mit derjenigen auf Cellulose Aehnlichkeit gewinnen würde), sondern besser sogar als Schwefelsäure wirken sehr verdünnte Salzsäure, Essigsäure, Milchsäure. Ist bereits saure Reaction des Mediums vorhanden, so genügt Jodzusatz allein, um die Färbung hervorzurufen. Dabei sind es nicht etwa die Hüllen, die sich färben; diese bleiben vielmehr farblos, und nur der Inhalt wird violett; auch die Septa der Fäden bleiben ungefärbt und treten deshalb deutlich hervor. — Die Leptothrix buccalis scheint wesentlich bei der Zahncaries betheiligt zu sein; die Pilzfäden dringen in den Zahn ein, sobald Säuren, wie sie durch die Gährung der Speisereste etc. entstehen, den Schmelz und das Zahnbein der Zähne entkalkt und erweicht haben. — Ausserdem hat man Leptothrix in Concrementen der Thränenröhrchen, sowie bei Lungengangrän in den Sputis (Traube, Leyden und Jaffé) gefunden; und neuerdings hat Leber nachgewiesen, dass Leptothrix buccalis, auf die Hornhaut überimpft, schwere Eiterung erregt, und dass sich dabei sehr feine, lange, gegliederte Fäden und Stäbchenketten entwickeln, welche die charakteristische Jodreaction zeigen.[2]) — (Ueber andere sich mit Jod bläuende Organismen vgl. Nothnagel, Zeitschr. f. klin. Med. III, 278; Hansen, Botan. Centralbl. 1880, 263.)



Fig. 51.
Leptothrix buccalis. 500 : 1.

Leptothrix ist wohl kaum berechtigt, als besondere Gattung unterschieden zu werden, und dürfte bald als solche zu streichen sein. Sie bildet vermuthlich nur eine Entwickelungsform gewisser Bacillen, und man wird den Namen „Leptothrix" zweckmässiger für jede ausgesprochene Fadenbildung irgend eines Bacillus beibehalten. — Ob die Leptothrixfäden der Mundhöhle einem einzelnen bestimmten Bacillus angehören und welchem — ist zur Zeit noch unentschieden. Manches spricht dafür, dass denselben eine dem Bacillus butyricus ähnliche Form zu Grunde

1) Leber, Berl. klin. Woch. 1867. No. 16. — Leber u. Rottenstein, Untersuchungen über die Caries der Zähne. Berlin 1867.

2) Leber, Arch. f. Ophthalmolog. Bd. 15, S. 338. — Berl. klin. Woch. 1882. No. 11. — Traube, Deutsche Klinik 1853. — Leyden u. Jaffé, Arch. f. klin. Med. 1866, S. 489.

liegt; der Abschluss des Sauerstoffs, die hohe Temperatur, die schwach sauere Reaction, die an den Fundorten der Leptothrix buccalis gegeben sind, müssen der Entwickelung eines solchen Bacillus besonders günstig sein. Für diese Verwandtschaft spricht auch die Jodreaction, welche dem Bacillus butyricus wie den Leptothrixfäden in gleicher Weise zukommt. Jedoch können erst weitere Versuche hierüber sicheren Aufschluss geben.

Einige sonst noch unterschiedene Arten von Leptothrix scheinen eher den Algen zuzugehören; so Leptothrix parasitica, mit 1 μ dicken, 100—140 μ langen Fäden, die meist kraus, undeutlich gegliedert, locker verfilzt und fast farblos sind, und auf Süsswasseralgen parasitiren; ferner Leptothrix lanugo, mit 1 μ dicken und 40—70 μ langen, ungegliederten, gekräuselten Fäden, die auf Meeralgen vorkommen.

VIII. Gattung, Beggiatoa.

Fäden sehr lang, dicker als bei Leptothrix, steif, aber lebhaft schwingend, in Gallerte eingebettet; die Fäden sind farblos, aber enthalten im Protoplasma zahlreiche, stark lichtbrechende Körperchen, die aus Schwefel bestehen. — Bildet kreideweisse oder schleimige Massen, in denen leicht die lebhaft bewegten Fäden erkannt werden. Die Gliederung ist durch die Schwefelkörnchen verdeckt und wird erst sichtbar, wenn letztere in Schwefelkohlenstoff aufgelöst sind. Die Beggiatoen leben in stagnirendem Wasser, grösstentheils aber in Schwefelthermen, in welchen sie die im Wasser gelösten Schwefelverbindungen zersetzen und freien Schwefelwasserstoff abscheiden.[1])

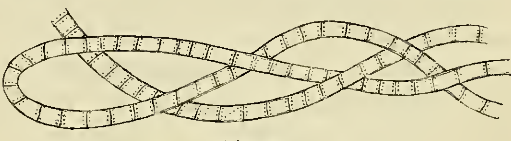


Fig. 52.
Beggiatoa pellucida. (Nach Cohn.)

Man unterscheidet mehrere Arten, die hauptsächlich nur durch die Dicke ihrer Fäden differiren. B. alba, Fäden 3—3½ μ dick; B. nivea, Fäden 1—1½ μ dick; B. leptomitiformis, Fäden 1,8—2,5 μ dick; B. pellucida, Fäden etwa 5 μ dick, deutlich gegliedert, mit abgerundeten Enden; B. mirabilis, Fäden bis 16 μ dick, beweglich, verschiedenartig gekrümmt, mit abgerundeten Enden; und einige andere Arten. (Vgl. Rabenhorst [16].)

IX. Gattung, Spirillum (Vibrio).

Kurze, wellig gekrümmte oder spiralig gewundene starre Fäden; beweglich; bei einzelnen ist an jedem Ende eine Geissel beobachtet. Früher unterschied man die Formen mit mehr wellenförmiger Biegung als Gattung Vibrio von der Gattung Spirillum mit enger gewundener Schraube; doch ist dieser Unterschied kaum durchführ-

1) Cohn, Beiträge, Bd. I, Heft 3, S. 173.

bar. — Geddes und Ewart[1]) haben über die Entwickelung und Sporenbildung von Spirillen folgendes beobachtet: Die Spirillen wechseln ab zwischen beweglichem und ruhendem Zustand; schliesslich wachsen sie in einen kleinen Faden ohne bestimmte Windung aus; dieser Faden wird länger und dicker und in ihm treten die Sporen auf. Diese theilen sich rasch und werden glänzend braun, während der Faden wieder beweglich wird und früher oder später aufbricht. Die befreiten Sporen kapseln sich ein und theilen sich in mehrere Kapseln, welche nach einer Ruheperiode selbst beweglich werden; die in ihnen enthaltenen „Sporulae" schlüpfen aus, keimen in Kommaform und wachsen bald in das gewöhnliche Spirillum aus. — Es muss sehr zweifelhaft erscheinen, ob diese merkwürdige Entwickelung in einer tadellosen Reincultur beobachtet ist.

Spirillum Rugula (Vibrio Rugula). Zellen 6—16 μ lang, 0,5—2,5 μ dick, einfach gebogen oder höchstens mit einer flachen Spiralwindung; zuweilen zu längeren Ketten verbunden, oft zu Schwärmen verfilzt (Fig. 55, a). Beweglich unter lebhafter Rotation um die Längsachse. Von Koch wurden deutliche Geisseln beobachtet.[2]) Vor der Sporenbildung verdicken sich die Fäden gleichmässig; dann tritt an dem einen Ende eine kugelige Anschwellung hervor, so dass das Stäbchen kommaähnlich aussieht; die Anschwellung wird schliesslich zur kugeligen Spore. — Kommt im Sumpfwasser, im Zahnschleim, in Fäces etc. vor; oft mit dem Bac. butyricus zusammen, und daher wahrscheinlich Anaërobium. Nach Prazmowski bewirkt Vibrio Rugula energische Zersetzung der Cellulose.[3])

Spirillum serpens (Vibrio serpens). Fäden dünner; 3—4 regelmässige, formbeständige Wellenbiegungen; 11—28 μ lang, 0,8

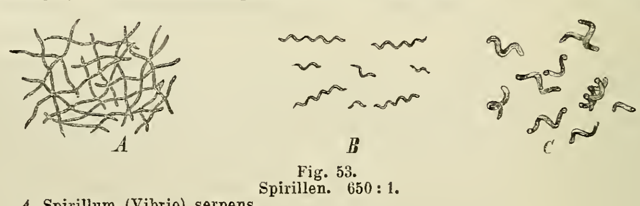


Fig. 53.
Spirillen. 650 : 1.
A. Spirillum (Vibrio) serpens.
B. Spirillum tenue.
C. Spirillum undula.

bis 1,1 μ dick; zuweilen zu Ketten verbunden. Lebhaft beweglich; oft in dichten Schwärmen. — Häufig in verschiedenen stagnirenden Flüssigkeiten.

1) P. Geddes u. J. C. Ewart, Proc. of the Roy. Soc. Vol. 27, p. 481.

2) Koch, Cohn's Beiträge, II. Bd., S. 416.

3) Prazmowski (62), S. 44.

Spirillum tenue. Fäden sehr dünn; mindestens 1½ Schraubenwindungen, meist jedoch 2—5; die Höhe des einzelnen Schraubenganges beträgt 2—3 μ, die Länge der Spirille daher 4—15 μ. Blitzartig schnelle Bewegungen. Oft in dichten Schwärmen in Pflanzenaufgüssen.

Spirillum Undula. Fäden 1,1—1,4 μ dick, 8—12 μ lang; weitere Windungen von 4—5 μ Höhe. Jeder Faden hat 1½—3 Windungen. Rasche, gleichzeitig drehende und schiessende Bewegungen; an jedem Ende ist deutlich eine Geissel wahrzunehmen, in Gestalt eines langen, leicht bogenförmig geschwungenen, kräftigen, aber nach dem Ende zu sich verjüngenden Fadens. — In den verschiedensten faulenden Flüssigkeiten.

Spirillum volutans. Fäden 1,5—2 μ dick, 25—30 μ lang, an den Enden etwas verschmälert und abgerundet, mit dichtem dunkelkörnigen Inhalt. Jeder Faden hat 2½—3½ Windungen, deren einzelne eine Höhe von 9—13 μ besitzt. Bald beweglich, bald unbeweglich; an jedem Ende eine deutliche Geissel. — Im Sumpfwasser, in einem Aufguss todter Süsswasserschnecken gefunden.

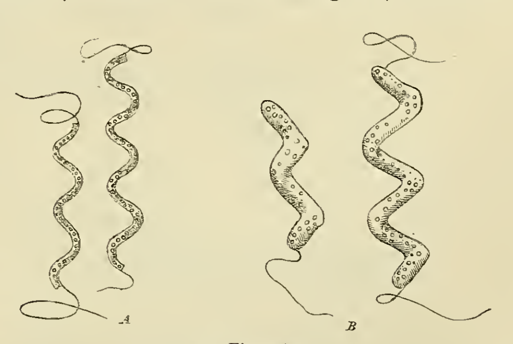


Fig. 54.
Spirillen. (Nach Cohn.)
A. Spirillum volutans. 650 : 1.
B. Spirillum sanguineum (Ophidomonas sang.). 600 : 1.

Spirillum sanguineum (Ophidomonas sanguinea). Fäden 3 μ und darüber dick, mit 2—2½ Windungen von je 9—12 μ Höhe. An jedem Ende eine Geissel. Die röthlich schimmernden Spiralen sind durch zahlreiche stark lichtbrechende röthliche Körperchen dunkelkörnig. In faulendem Brackwasser von Warming und von Cohn beobachtet. — In solchem Wasser, das im Herbst an der dänischen Küste in zahlreichen Lachen vorkommt, und in welchem unter gleichzeitigem Auftreten rother Flecken und Massen viele Algen und Salzwasserphanerogamen faulen, fand Warming noch einige andere Spirillenformen, die meist Schwefelkörnchen im Zellinhalt enthalten und als Spirillum violaceum, Rosenbergii, attenuatum etc. unterschieden werden.[1])

Spirillum leucomelaenum, eine selten vorkommende Art (in Wasser über faulenden Algen beobachtet), die dadurch merkwürdig ist, dass schwarze und glashelle Räume abwechselnd in dem Spirillum er-

1) Warming, Videnskabelige Meddedelser fra den naturhist. Forening i Kjöbenhavn 1875, p. 398. — Cohn, Beiträge, Bd. I, Heft 3, S. 169.

scheinen, dadurch bedingt, dass eine im Innern befindliche dunkele, körnige Substanz in regelmässigen Abständen sich anhäuft.[1])

X. Gattung, Spirochaete.

Längere und flexilere Fäden als Spirillum, mit enger gewundener Schraube. Bietet im Ganzen wenig prägnante Unterschiede gegenüber der Gattung Spirillum und wäre wohl zweckmässig mit dieser zu vereinigen.

Spirochaete plicatilis. Fäden dünn, mit zahlreichen engen Windungen; 110—225 μ lang. Meist bildet der Faden eine zweifache Wellenlinie; die primären Windungen sind bei allen Exemplaren gleich gross, die secundären sind oft von ungleicher Grösse. Die Enden sind stumpf abgestutzt. Macht ausserordentlich schnelle Bewegungen. — Im Sumpfwasser, in Rinnsteinen etc. im Sommer häufig.[2])

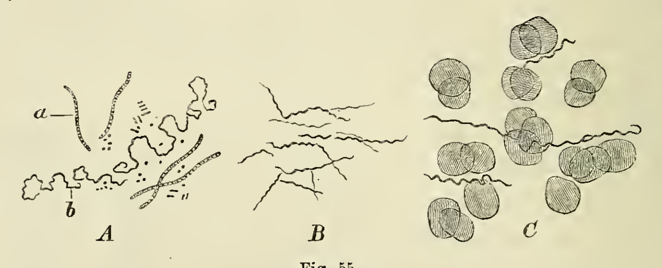


Fig. 55.
Spirochaeten.
A. Vibrio rugula (*a*) und Spirochaete plicatilis (*b*). 500 : 1.
B. Spirochaete des Zahnschleims. 500 : 1.
C. Spirochaete Obermeieri. 700 : 1.

Spirochaete des Zahnschleims. Viel kürzer als die vorige, meist 10—20 μ lang; Fäden mit einfacher Wellenlinie, an beiden Enden zugespitzt. — Sehr häufig im Zahnschleim, im Inhalt cariöser Zähne neben Leptothrix buccalis.[3])

Spirochaete Obermeieri (Lit. 264ff.). Fäden etwas länger und dicker als bei Spirochaete des Zahnschleims; im übrigen dieser sehr ähnlich. Länge meistens 16—40 μ; die Schraubenwindungen sind durchaus gleichförmig. Bewegen sich sehr rasch und zeigen ausserdem Undulationen, die über die Fadenlänge wellig hinlaufen. — Wurden zuerst von Obermeier im Blut der Kranken bei Febris recurrens beobachtet; die Fäden finden sich ausschliesslich im Blut,

1) Koch, Mitth. a. d. Gesundheitsamt, S. 48. — Perty, Zur Kenntniss kleinster Lebensformen, 1852.

2) Koch, Cohn's Beiträge, Bd. II, S. 420.

3) Koch, l. c. S. 432.

nie in den Secreten; ferner immer nur während der Fieberanfälle, nicht aber in den freien Intervallen, höchstens noch bis zu 2 Tagen nach dem Fieberabfall. Ihre Anzahl wechselt sehr, ist aber meist sehr bedeutend. Auch ausserhalb des Körpers, in Blutserum und in halbprocentiger Kochsalzlösung behalten die Fäden noch längere Zeit ihre Beweglichkeit. — Die Spirochaeten färben sich gut mit Methylviolett und mit Bismarckbraun, und unter Anwendung dieser Färbemittel auf getrocknete Blutproben lassen sich die Fäden leicht nachweisen. — Spirochaetenhaltiges Blut, Affen eingeimpft, bewirkt bei diesen Recurrens; in den Organen der auf der Höhe der Krankheit getödteten Thiere lassen sich innerhalb der Blutgefässe zahlreiche Spirochaeten nachweisen.[1]) Es ist sonach sehr wahrscheinlich, dass die Spirochaeten als Infectionserreger anzusehen sind, obwohl es noch nicht gelungen ist, die Pilze ausserhalb des Thierkörpers zu züchten. Auch die Entwickelungsgeschichte der Spirochaete und ihre Vegetationsform während der Apyrexie sind noch unbekannt (Erklärungsversuche von Guttmann, Albrecht).[2])

XI. Gattung, Streptothrix und Cladothrix.

Streptothrix Foersteri ist von Cohn ein fadenförmiger Pilz bezeichnet, der in Concrementen der Thränenkanälchen des menschlichen Auges vorkam. Derselbe bestand aus feinen, farblosen, meist geraden oder auch gewundenen Fäden, die zuweilen, wenn auch selten, deutliche Verzweigungen zeigten. Die Fäden der Leptothrix buccalis sind dicker, gerader und steifer, nicht verzweigt, und dadurch von Streptothrix unterschieden. Ueber Abstammung und Entwickelung dieser Gattung ist nichts bekannt.[3])

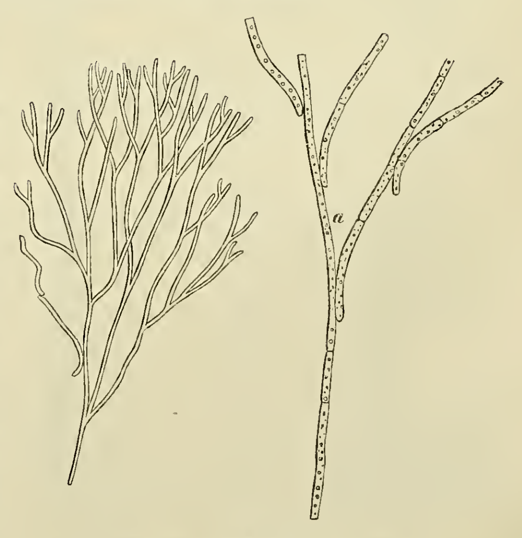


Fig. 56.
Cladothrix dichotoma. (Nach Cohn.)
Scheinbar dichotome Fäden (100 : 1); bei *a* stärker vergrössert (600 : 1), die falschen Dichotomieen deutlich erkennbar.

Cladothrix dicho-

1) Carter, Deutsche med. Woch. 1879. No. 16, 25. — Koch, l. c.
2) Virch. Arch. Bd. 80. — St. Petersb. med. Woch. 1881. No. 1.
3) Cohn, Beiträge, Bd. I, Heft 3, S. 186.

toma.[1]) Fäden 3,0 μ dick, wiederholt mit grosser Regelmässigkeit verzweigt. Hier (wie bei Streptothrix) handelt es sich jedoch um falsche Astbildung; der Zweig ist stets nur an den Stamm angelehnt, aber nicht in organischer Verbindung mit demselben. Die Dichotomie entsteht dadurch, dass ein Faden in der Mitte sich in eine obere und in eine untere Hälfte durchfurcht; indem beide Hälften fortwachsen, verlängert sich die untere in unmittelbarer Verlängerung neben der oberen, welche dadurch als scheinbarer Ast an die Seite gedrängt wird. — Bildete auf faulendem Wasser farblose Räschen von 0,6 Mm. und darüber.

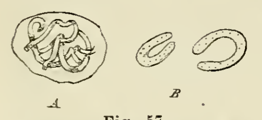


Fig. 57.
Myconostoc gregarium. (Nach (Cohn.) 600 : 1.
A. Gallertkugel mit eingelagerten, zusammengerollten Fäden.
B. Einzelne Fadenstücke.

XII. Gattung, Myconostoc.

Myconostoc gregarium. Fäden sehr dünn, farblos, ungegliedert, aber beim Eintrocknen in kurze cylindrische Glieder zerfallend. Die Fäden sind zu knäuelartigen, aber lockeren Windungen zusammengelagert und von einer durchsichtigen Gallertkugel von 10—17 μ umschlossen. Die Vermehrung geschieht, ähnlich wie bei Ascococcus, vermittelst Querfurchung der Gallertkugel. — Wurde in farblosen, auf faulendem Wasser entstandenen Schleimtröpfchen gefunden (Cohn[2]).

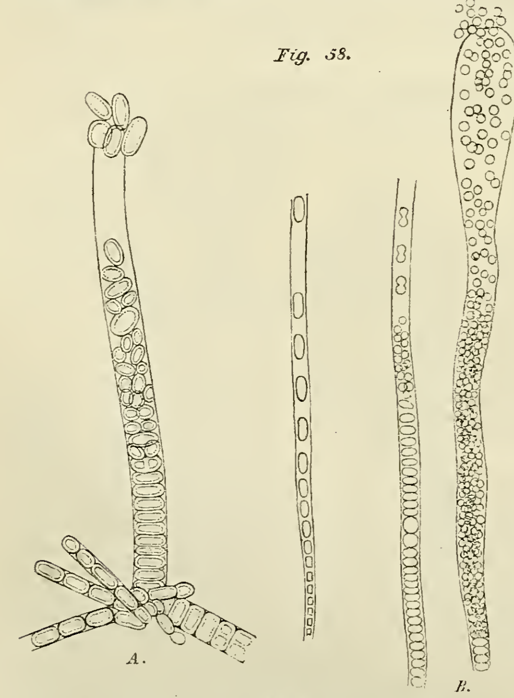


Fig. 58.
Crenothrix polyspora. (Nach Cohn.) 500 : 1.
A. Fäden mit Makro- und Mikrogonidien.
B. Sporangium mit Mikrogonidien.

Anhang.

Crenothrix polyspora (Cr. Kühniana).[3]) Farblose Fäden 1,5—5 μ dick, mit nach oben schwach keulenförmig bis zu 6—9 μ verdickten Enden; die Fäden sind deutlich gegliedert; die Glieder trennen sich später von einander, sind aber dabei immer noch von einer Scheide umschlossen, die ursprünglich farblos, oft aber durch eingelagertes Eisenoxydhy-

1) Cohn, Beiträge, Bd. I, Heft 3, S. 185. 2) Cohn, ebenda, S. 183.
3) Cohn, ebenda, Bd. II, Heft 1, S. 108. — Rabenhorst, Algen Sachsens. — Zopf, Untersuchungen über Crenothrix, 1879.

drat gelb oder gelbbraun gefärbt ist. Schliesslich wird die Scheide von den sich immer weiter theilenden Gliedern zersprengt, diese treten heraus und können dann je einen neuen Faden entwickeln. Unter Umständen bleibt die Scheide geschlossen; die Glieder des Fadens theilen sich durch dichtstehende Querwände in niedrige Scheiben, die dann durch vertikale Theilungen in kleinere kugelige Zellen von 1—6 μ Durchmesser zerfallen, die als Sporen aufzufassen sind. Diese entwickeln sich oft schon innerhalb der Scheide zu neuen Fäden, welche die gallertartig gequollene Scheide durchwachsen. Häufig verlassen aber auch die Sporen die Scheide, und wachsen nun entweder ausserhalb derselben zu Fäden aus, oder sie bilden durch wiederholte Zweitheilung grössere oder kleinere Colonieen von rundlichen Zellen, die durch die gallertartigen Membranen zusammengehalten werden (Palmellenform); jede der Zellen kann schliesslich wieder einen Faden bilden. — Die Crenothrix erscheint in weisslichen oder bräunlichen kleinen Rasen in Brunnen- und Drainröhren, kann ein Trinkwasser in erheblichster Weise trüben und verunreinigen und selbst zur Verstopfung engerer Röhren führen.

Sphaerotilus natans. Zellen 4—9 μ lang, 3 μ dick, rundlicheckig oder länglich; in grosser Zahl reihenweise in einer farblosen Schleimscheide vereinigt zu langen Fäden, die dicht zopfartig verflochten und verwirrt schwimmende Flocken bilden. Vermehrung durch sich isolirende, vegetative Zellen, die durch fortgesetzte Theilung neue Fäden erzeugen. Fortpflanzung durch Sporen, die endogen in den vegetativen Zellen sich bilden. — In stehendem und fliessendem Wasser; die jüngeren Flocken farblos, die älteren gelbbraun; bei der Sporenbildung theils milchweiss, theils roth gefärbt.[1])

Spiromonas. Zellen blattartig flach, um eine ideale Achse der Länge nach gewunden. Vermehrung durch Quertheilung. Sp. volubilis; farblos, durchsichtig; schnelle Bewegung unter rascher Drehung um die Längsachse; Länge 15—18 μ. Sp. Cohnii; farblose Zellen nach beiden Enden stark zugespitzt und mit je einer Geissel, mit 1¼ Windungen. Breite der Zelle 1,2—4 μ. — In stark zersetztem Wasser.[1])

In stark faulenden wässrigen Flüssigkeiten entwickeln sich häufig neben der S. 109 beschriebenen Cohnia roseo-persicina (Bacterium rubescens Lankester's) eine Reihe von kleinsten Organismen, die wie letztere durch röthliche Farbe ausgezeichnet sind. Sie bilden auf allerhand am Boden des Wassers abgelagertem Detritus rothe Flecken, schwimmen aber zeitweise auch an der Oberfläche; sie gehen in den stärksten Verwesungszuständen nicht zu Grunde, sondern betheiligen sich vielmehr, wie es scheint, an der Fäulniss. Dieselben

1) Vgl. Rabenhorst-Winter (16).

sind unter dem gemeinsamen Namen der pfirsichblüthrothen Fäulnissorganismen zusammenzufassen. Da ausserdem in dem Farbstoff kein Chlorophyllsubstrat erkennbar ist (vgl. Cohnia), werden diese Organismen richtiger den Spaltpilzen als den mundlosen Monaden, mit denen sie im übrigen morphologische Aehnlichkeiten darbieten, zuzurechnen sein. Gemeinsam sind ihnen noch dunkele Körnchen, die in die blassrothe Zellsubstanz eingelagert sind und vermuthlich aus Schwefel bestehen (vgl. Beggiatoa); ferner lebhafte, durch Geisseln vermittelte Bewegung. Cohn hat folgende Arten unterschieden:[1])

Monas vinosa; kugelige oder ovale Zellen von etwa 2,5 μ Durchmesser, oft paarweise verbunden. Zellsubstanz blassroth, mit eingelagerten dunkelen Körnchen. Lebhafte Schwärmbewegung; Geisseln nicht beobachtet.

Monas Okenii; kurz-cylindrische Zellen, 5 μ breit, 8—15 μ lang, an den Enden abgerundet, schwach gebogen. Lebhaft beweglich; am einen Ende eine Flimmergeissel, doppelt so lang wie die Zelle. Blassrothe Substanz mit dunkeln Körnchen.

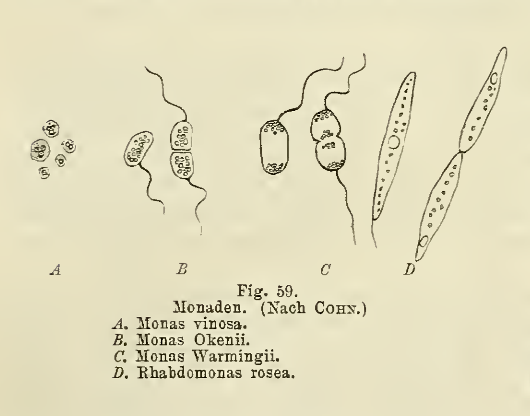


Fig. 59.
Monaden. (Nach Cohn.)
A. Monas vinosa.
B. Monas Okenii.
C. Monas Warmingii.
D. Rhabdomonas rosea.

Rhabdomonas rosea; spindelförmige Zellen, 3,8—5,0 μ breit, 20 bis 30 μ lang; langsam zitternde Bewegung; am einen Ende eine Geissel. Sehr blass gefärbte Zellsubstanz mit dunkeln Körnchen.

Monas Warmingii; der Monas Okenii ähnlich, aber robuster; 15—20 μ lang, 8 μ breit; taumelnde Bewegung; am einen Ende eine Geissel. Die blassrothe Zellsubstanz ist nur an den beiden abgerundeten Enden mit dunkelrothen Körnchen erfüllt.

II. Lichenes, Flechten.

Die Flechten bilden wie die Pilze Hyphen aus chlorophylllosen, durch Spitzenwachsthum sich verlängernden Zellen, und diese Hyphen lagern sich zu einem meist eigenthümlich geformten Thallus zusam-

1) Cohn, Beiträge, Bd. I, Heft 3, S. 162 ff.

men, der bald strauchartig oder laubartig, bald krustig oder staubig erscheint und damit gute Unterscheidungsmerkmale der einzelnen Gattungen bietet. — Ausserdem aber kommt an dem Thallus der Flechten noch ein besonderes charakteristisches Organ vor, nämlich Gonidien. Mit diesem Namen bezeichnet man chlorophyllhaltige, meist runde Zellen, welche die grüne Färbung der Flechten bedingen und die Ernährung der Flechten aus nicht vorgebildeter organischer Substanz ermöglichen. Die Gonidien entsprechen genau verschiedenen Algengattungen. — Die Fructification der Flechten gleicht durchaus derjenigen der Ascomyceten; die Sporen werden in Schläuchen, die Asci in besonderen Fruchtkörpern, den Apothecien, gebildet; ausserdem kommen constant Spermogonien vor. — Neuerdings haben viele Beobachtungen zu der Vermuthung geführt, dass die Flechten keine selbstständigen Organismen sind, sondern nur Algen darstellen, die von Schmarotzerpilzen befallen und verändert sind.[1])

Eine detaillirtere Aufzählung der einzelnen Flechtengattungen ist hier zu umgehen, da bisher keiner derselben ein besonderes hygienisches Interesse zukommt.

III. Algae, Algen.

Die Algen bestehen sämmtlich aus chlorophyllhaltigen Zellen, nicht aus Hyphen. Man unterscheidet einzellige und mehrzellige Algen; die ersteren haben häufig eine weitgehende Aehnlichkeit mit den Spaltpilzen, ferner mit den Chytridiaceen und Saprolegniaceen (S. 52). Die Vermehrung der einzelligen Algen erfolgt vorzugsweise durch Theilung der Zellen. Die durch Theilung entstandenen Zellen bleiben oft miteinander vereinigt, bilden durch Aufquellen der äusseren Zellmembranschichten eine gemeinsame Gallerte und stellen dann Colonieen dar. — Bei den vielzelligen Algen verlängert sich die ursprüngliche Zelle durch Spitzenwachsthum und theilt sich hinter dem fortwachsenden Scheitel durch Querscheidewände, so dass sich Gliederzellen und eine Scheitelzelle unterscheiden lassen. Durch seitliches Auswachsen einer Gliederzelle oder durch Theilung der Scheitelzelle in 2 divergirende Wachsthumsrichtungen bilden sich Verzweigungen, und so entstehen Fäden und Zellenkörper.

---

1) Schwendener, Flora 1862—64, 1872. — Famintzin u. Baranetzky, Botan. Zeit. 1868. — Pringsheim's Jahrbb. Bd. 7. — Stahl, Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Flechten, Leipzig 1877.

Die Fortpflanzung erfolgt ausser durch Theilung auch durch Bildung von Schwärmsporen (Zoosporen, Gonidien), die meist in Mehrzahl in den Mutterzellen entstehen, stets chlorophyllhaltig sind und am vorderen zugespitzten Ende 2 lange Cilien haben; ausserdem aber tritt bei vielen Algen noch eine geschlechtliche Vermehrung auf, und zwar durch Bildung von Zygosporen, oder durch Paarung von Schwärmsporen, oder durch Ausbildung zweier verschiedener Geschlechtsorgane.

Bei manchen einzelligen Algen erscheint der Zellinhalt nicht weiter differenzirt; bei den meisten sind aber verschieden gestaltete Safträume im Protoplasma zu unterscheiden, ferner ein deutlicher Zellkern und andere geformte Bildungen, so namentlich Stärkemehl. Das Chlorophyll ist häufig nur in bestimmten Partieen angeordnet, bald in Form von Platten oder Bändern, bald als sternförmige Körperchen oder Körnchen. Neben dem Chlorophyll kommen oft noch andere Farbstoffe vor; so das Erythrophyll, ein rother Farbstoff; ferner das Phycochrom, welches sich noch weiter in mehrere chemisch differente Farbstoffe (Phycocyan, Phycoxanthin etc.) zerlegen lässt und welches den Algen eine blaugrüne Farbe ertheilt; endlich noch braune Farbstoffe. — Die Zellmembran ist bei den Diatomaceen durch ihren reichen Gehalt an Kieselerde ausgezeichnet. Man theilt die Algen in 9 Ordnungen; von diesen gehören zu den einzelligen Algen: Phycochromaceae, Diatomaceae, Conjugatae, Palmellaceae; zu den mehrzelligen: Siphoneae (aus einer, aber sehr grossen und die Formen der höheren Pflanzen annehmenden Zelle bestehend), Confervaceae, Fucoideae, Characeae, Florideae.

Nur einzelne wenige, den einzelligen Algen zugehörige Arten erfordern hier eine kurze Aufzählung wegen der hochgradigen Uebereinstimmung ihrer Formen mit gewissen Schizomyceten. Die höheren Algen sind dagegen nur ganz ausnahmsweise Objecte hygienischer Untersuchungen; betreffs ihrer detaillirteren Beschreibung muss auf die oben citirten Handbücher verwiesen werden.

1) Die Phycochromaceen [1]) sind mikroskopisch kleine blaugrüne Algen mit weicher Zellmembran und homogenem Protoplasma, die in süssem und salzigem Wasser leben. Vermehrung nur durch Zelltheilung. Manche mehr violett gefärbte Arten sind chlorophylllos; diese sind dann eigentlich den Schizomyceten zuzuzählen. Eine derartige Stellung nehmen namentlich folgende Arten ein:

1) Cohn's Beiträge, I, Heft 3. — Janczewski, Ann des sc. nat. 5. sér., tom. 19. — Bornet & Thuret, Notes algologiques, Paris 1876, 1880.

a) Phycochromaceen, bei denen die Zellen in Fäden geordnet sind.

Rivulariaceae. Fäden am Grunde mit einer kugelrunden, inhaltsleeren Grenzzelle, am oberen Ende peitschenförmig in ein langes dünnes farbloses Haar übergehend. — Gattung Schizosiphon. Fäden durch falsche Astbildung verzweigt, von geschichteten, an der Spitze geschlitzten Scheiden umgeben. Röthliche oder grünliche Algen, die krustenartige Lager bilden. — Entspricht Cladothrix, Streptothrix, S. 139. — G. Zonotrichia, Fäden strahlig angeordnet in einem halbkugeligen gallertigen Lager. — G. Rivularia (Fig. 60). Meist runde, bräunlichgrüne Algen bis zur Grösse einer Kirsche; Fäden strahlig geordnet in einem runden gallertigen Lager. — (Zu Myconostoc S. 140).

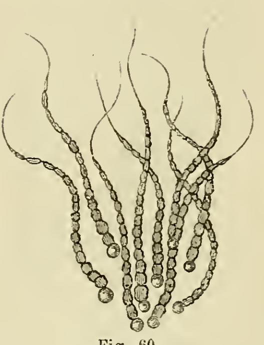


Fig. 60.
Rivularia pisum. 200: 1.

Scytonemeae. Fäden stabförmig oder schnurförmig, astlos oder oft mit falscher Astbildung; von gallertigen Scheiden umgeben; Grenzzellen (eigenthümliche Zellen von grösserem Durchmesser, dickeren Membranen, farblosem Inhalt; unfähig zur Theilung) interstitiell in den Fäden. — G. Scytonema; an den Grenzzellen gehen gewöhnlich beide Fadentheile in paarweise stehende falsche Aeste über. — G. Calothrix. Die Aeste eine Strecke weit dem Faden parallel und an ihn angewachsen. — Entsprechen Cladothrix, Streptothrix, S. 139.

Nostocaceae, Gallertalgen. Fäden schnurförmig, ohne Aeste, oft in ein gallertartiges oder mehr flüssig-schleimiges Lager vereinigt. — G. Anabaena, Sporenzellen kugelrund, einzeln zwischen 2 Grenzzellen. Schleimige Häute auf Teichen und Gräben; bringt ebenso wie einige andere Arten derselben Ordnung die sog. Wasserblüthe hervor. — G. Nostoc, Zitteralge (Fig. 61). Fäden gewunden und verworren, mit Grenzzellen, ober ohne Sporenzellen, in einer homogenen Schleimmasse. Dunkel gefärbte zitternde Massen auf feuchtem Boden und im Wasser. — G. Hormosiphon, die Fäden von geschichteten dicken Scheiden umgeben. — Entsprechen Myconostoc, S. 140.

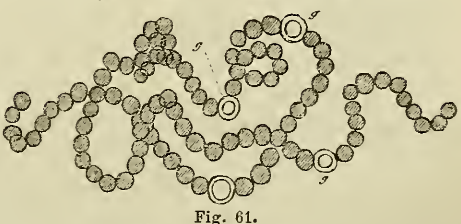


Fig. 61.
Nostoc commune. 600: 1.

Oscillariaceae. Fäden stabförmig cylindrisch, ohne Aeste,

ohne Grenzzellen; oft in schwingender Bewegung, wobei sie aus ihrer gallertigen Scheide hervorkriechen. Bilden meist lockere hautartige Schichten, die oft strahlig auseinanderfahren und wegen ihrer Bewegung früher zu den Thieren gerechnet wurden. — G. Chamaesiphon. Fäden an der Basis angewachsen, aufrecht stehend, einzeln; an der Spitze trennen sich die Gliederzellen ab und keimen dann wie Sporen. — G. Hypheothrix. Fäden schichten- oder büschelartig vereinigt, ohne Bewegung. — G. Oscillaria, Schwingfaden (Fig. 62). Fäden meist gerade, nicht verwachsen, deutlich gegliedert, mit schwingender Bewegung. Schleimig häutige, grün, blau oder röthlich gefärbte Massen namentlich in Seeen, warmen Quellen etc. — G. Chthonoblastus, Fäden gerade, bündelweis in einer Scheide. — Vgl. zu diesen Arten Crenothrix, Beggiatoa etc., S. 140. 135.

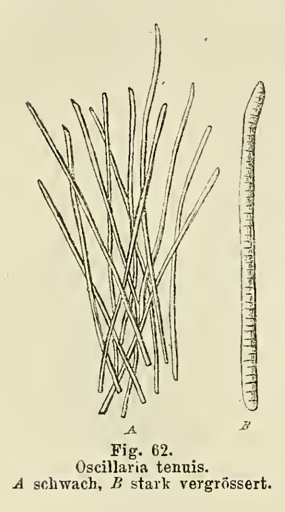


Fig. 62.
Oscillaria tenuis.
A schwach, *B* stark vergrössert.

b) Phycochromaceen, bei denen die Zellen keine Fäden bilden.

Chroococcaceae. Zellen meist zu flächen- oder körperförmigen Familien vereinigt; im Wasser oder an feuchten Orten. — G. Gloeothece. Die länglichen, zerstreut liegenden Zellen von einer gemeinsamen Gallerte, die einzelnen Zellen von blasigen geschichteten Hüllen umgeben. — G. Aphanothece, wie die vorige G., aber die Zellen in homogener Gallerte. — G. Coccochloris. Das Gallertlager mehr weniger kugelrund. — G. Synechococcus. Zellen länglich, einzeln oder zu 2—4 reihenweis verbunden, nicht in Gallerte eingebettet, sondern freiliegend. — G. Gomphosphaeria, Zellen keilförmig, zu 2—8 zu einem kugelrunden Familienverbande strahlig geordnet. — G. Polycystis. Zellen rund, kugelrunde Familien bildend und diese wieder zu mehreren in ein gestaltloses, hautartiges Lager vereinigt. — G. Polycoccus. Die Familienverbände bilden einen kleinen kugelrunden Thallus. — G. Clathrocystis. Zellen rund, in hohle, oft netzförmig durchbrochene Familien vereinigt. — G. Coelosphaerium. Zellen rund, in hohle kugelförmige Familien vereinigt. —


Fig. 63.
Gloeocapsa. 500 : 1.
Verschiedene Entwickelungszustände einer einfachen Zelle zu mehrzelligen Familien.

G. Gloeocapsa. Zellen rund, in ein gestaltloses gallertiges Lager vereinigt, die einzelnen Zellen in geschichteten, in einander geschachtelten Hüllmembranen (Fig. 63). — G. Aphanocapsa, wie die vorige G., aber die Gallerthüllen homogen. — G. Chroococcus. Zellen rund, nicht in einem Gallertlager, sondern frei, einzeln oder zu wenigen verbunden. — Vgl. mit diesen Arten Micrococcus, Bacterium, Ascococcus.

2) Diatomaceae. Einzellige gelb bis braun gefärbte Algen von symmetrischer Gestalt; die Vermehrung erfolgt durch Theilung in die beiden symmetrischen Hälften mit darauf folgender Neubildung der verloren gegangenen anderen Hälfte. Einzeln lebend oder zu Bändern oder Tafeln verbunden, freischwimmend oder festsitzend. Ausgezeichnet durch die verkieselte Zellmembran, den sog. Kieselpanzer, der ausserordentlich feine Structurverhältnisse zeigt. — Fast in allen Gewässern, namentlich in stagnirenden; überall verbreitet. Ihre Kieselschalen bilden einen grossen Theil der Erde in Ueberschwemmungsgebieten. — Unter ihren 1400 Arten sind Pleurosigma, Navicula, Surirella als mikroskopische Testobjecte am bekanntesten.

3) Conjugatae. Einzellige grüne Algen von symmetrischer Gestalt ohne Spitzenwachsthum. Jedes Individuum durch Zelltheilung sich vermehrend; Fortpflanzung durch Conjugation mit Bildung von Zygosporen. — Freischwimmende Algen in stehenden Gewässern. 500 Arten.

4) Palmellaceae. Mikroskopisch kleine einzellige Algen, den Chroococcaceen (S. 146) und Spaltpilzen in einigen Beziehungen analog. Enthalten Chlorophyll, seltener Erythrophyll, leben einzeln oder bilden gallertige Massen. Sie sind von runder bis länglicher Gestalt, nicht symmetrisch zweihälftig. Die Vermehrung erfolgt durch Zelltheilung oder durch freie Zellbildung, bei welcher Schwärmsporen erzeugt werden. 3 Familien. a) Volvocineae. Die Individuen sind zu schwärmenden Familien vereinigt; die runden oder länglichen Zellen besitzen bewegliche Cilien, welche durch die Haut der Zelle und aus der Gallerthülle der Familie frei hervorgestreckt sind; durch die Schwingungen derselben schwärmt die ganze Familie stetig kreisend und fortschreitend im Wasser umher. Bei Volvox kugelrunde Familien, 0,075—0,75 Mm. im Durchmesser; erfüllen oft in grossen Massen stagnirendes Wasser und färben dasselbe grün. b) Protococcaceae. Individuen einzeln oder in Familien vereinigt; Zellen von kugeliger oder schlauchförmiger Gestalt. Die Familien kommen entweder durch Zelltheilung einer ursprünglich einzelnen Zelle zu Stande, oder durch Schwärmsporen, die sich zu sog. Coenobien verketten. Dahin gehören Hydrodictyon, Wassernetz; cylindrische Zellen zu einem fünfeckigen Maschennetz verbunden. — Chlamidococcus. Die runden, einzelnen Zellen mittelst zweier Wimpern

schwärmend. Ch. pluvialis, bildet braunrothe Ueberzüge auf Steinen etc.; erscheint zuweilen plötzlich nach Regen (Blutregen). — Ch. nivalis bildet den rothen Schnee auf den Schneefeldern der Alpen und der Polarländer. — Chlamidomonas, der vorigen ähnlich; färben oft stehende Wässer und das Seewasser an den Küsten grün; eine andere Art färbt zuweilen die Oberfläche des Meeres roth. — Chlorococcum. Zellen rund, nicht schwärmend, Schwärmsporen durch wiederholte Theilung des Inhalts erzeugend. Grüne oder röthliche Häutchen z. B. in destillirtem Wasser etc. c) Palmelleae. Einzelne oder zu ruhenden Familien vereinigte grüne oder rothe Zellen; Vermehrung durch Zelltheilung, selten durch Schwärmsporen. Bei der Theilung zerfällt die Zelle in zwei gleiche Hälften, welche sogleich Gestalt und Grösse der Mutterzellen annehmen und auseinanderrücken, indem die zwischen ihnen entstandene Scheidewand gallertartig aufquillt; die Theilung geschieht meist abwechselnd in 2 oder 3 verschiedenen Raumrichtungen. Dahin gehören: Gloeocystis; Zelltheilung in 3 Richtungen; jede Familie von dicken geschichteten gallertartigen Hüllen umgeben (entspricht Gloeocapsa, S. 146). — Gloeococcus, Zellen eiförmig; structurlose Gallerte. — Palmella, Zelltheilung in allen Richtungen des Raumes; runde Zellen, grün oder orangefarben; durch structurlose Gallerte zu Familien verbunden. Die kleinsten farblosen oder rein rothen Arten werden als Zoogloea bei den Spaltpilzen beschrieben. — Pleurococcus (Fig. 64). Zellen rund; Familien nicht in Gallerte eingebettet; roth oder grün gefärbter Inhalt. Im Wasser und Ueberzüge an Baumstämmen und feuchten Mauern etc. bildend. Der Priestley'sche Urschleim besteht der Hauptsache nach aus Pleurococcus und Chlorococcum. — Manche der letztgenannten Arten sind vielleicht den Schizomyceten zuzurechnen.

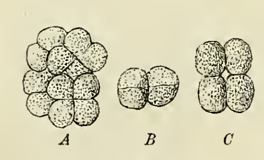


Fig. 64.
Pleurococcus vulgaris.
A. Familie aus mehreren Zellen.
B. Einzelne getheilte Zelle.
C. Vier sich trennende Tochterzellen.

Die mehrzelligen Algen können keiner Verwechslung mit niederen Pilzen unterliegen, und bedürfen daher hier keiner specielleren Erwähnung.

Es ist bereits oben (S. 143) darauf hingewiesen, dass manche niedere Algen und zahlreiche Schizomyceten so viele gemeinsame morphologische Merkmale haben, dass es als das Einfachste erscheinen muss, sie zu einer natürlichen Gruppe zu vereinigen. Was beide scheidet, ist nur das Vorhandensein oder Fehlen des Chlorophylls; aber darauf legt

man mit Recht neuerdings bedeutend weniger Gewicht als früher. Auch unter den Phanerogamen giebt es manche chlorophylllose Pflanzen, die man deshalb nicht aus den Familien oder Ordnungen streicht, zu denen sie ihren morphologischen Merkmalen nach gehören (so die chlorophylllosen Orchideen, die Monotropeen, Cuscuteen etc.). Ebenso erweisen sich bei den Thallophyten die morphologischen Merkmale als die zur Beurtheilung der natürlichen Verwandtschaft geeignetsten Charaktere, und vielfach giebt es chlorophyllführende und chlorophylllose Thallophyten, welche die auffallendsten morphologischen Aehnlichkeiten zeigen.

Cohn hat dementsprechend die Schizomyceten und die morphologisch zugehörigen niederen Algen in einem System vereinigt, das vielleicht noch in mancher Beziehung Veränderungen erfahren wird, aber doch völlig ausreicht, um einstweilen die verwandtschaftlichen Beziehungen, auf die es hier ankommt, ins Licht zu stellen. Es ist zu wünschen, dass dasselbe, eventuell mit einigen Aenderungen, demnächst den systematischen Beschreibungen der Mikroorganismen zu Grunde gelegt werde. Dies System (in welches übrigens die starren mundlosen Monaden nicht mit aufgenommen sind) ist das folgende:

Schizophytae.

Einzellige Thallophyten, welche durch Spaltung, zum Theil auch durch endogene Brutzellen sich vermehren.

Tribus I. Gloeogenae.

Zellen frei oder durch Intercellularsubstanz zu Schleimfamilien verbunden.

A. Zellen frei oder binär oder quaternär verbunden.

Zellen kugelig . . . . Chroococcus. (S. 146).
Zellen cylindrisch . . . . Synechococcus. (S. 146).

B. Zellen im Ruhezustand zu amorphen Schleimfamilien vereinigt.

a) Die Zellmembranen mit der Intercellularsubstanz zusammenfliessend.
1) Zellen nicht phycochromhaltig, sehr klein.
Zellen kugelig . . . . *Micrococcus.* (S. 96).
Zellen cylindrisch . . . . *Bacterium.* (S. 110).
2) Zellen phycochromhaltig, grösser.
Zellen kugelig . . . . Aphanocapsa. (S. 146).
Zellen cylindrisch . . . . Aphanothece. (S. 146).
b) Intercellularsubstanz aus in einander geschachtelten Zellhäuten gebildet.
Zellen kugelig . . . . Gloeocapsa. (S. 146).
Zellen cylindrisch . . . . Gloeothece. (S. 146).

C. Zellen zu begrenzten Schleimfamilien vereinigt.

c) Zellfamilien einschichtig, in eine Zellfläche gelagert.
1) Zellen quaternär geordnet, in einer Ebene . . . . Merismopedia (zu den Chroococcaceae, S. 146).

2) Zellen ungeordnet, in eine Kugelfläche gelagert.
Zellen kugelig; Familien netzförmig durchbrochen . . . . Clathrocystis. (S. 109).
Zellen cylindrisch keilförmig, Familien durch Furchung getheilt . . . Coelosphaerium. (S. 146).
d) Zellfamilien mehrschichtig, zu sphäroidischen Zellkörpern vereinigt.
1) Zellenzahl bestimmt.
Zellen kugelig, quaternär geordnet, farblos . . . . *Sarcina.* (S. 108).
Zellen cylindrisch keilförmig, ungeordnet, phycochromhaltig . . . Gomphosphaeria. (S. 146).
2) Zellenzahl unbestimmt, sehr gross.
Zellen farblos, sehr klein . . . . Ascococcus. (S. 108).
Zellen phycochromhaltig, grösser . Polycystis. (S. 146).
Coccochloris. (S. 146).
Polycoccus. (S. 146).

Tribus II. Nematogenae.

Zellen in Fäden geordnet.

A. Zellfäden stets unverzweigt.

a) Zellfäden frei oder verfilzt.
1) Fäden cylindrisch, farblos, undeutlich gegliedert.
Fäden sehr dünn, kurz . . . . Bacillus. (S. 116).
Fäden sehr dünn, lang . . . . . . Leptothrix. (S. 133).
Fäden stärker, lang . . . . Beggiatoa. (S. 135).
2) Fäden cylindrisch, phycochromhaltig, deutlich gegliedert, Fortpflanzungszellen nicht bekannt . Hypheothrix. (S. 146).
Oscillaria. (S. 146).
3) Fäden cylindrisch, gegliedert, Gonidien bildend.
Fäden farblos . . . . Crenothrix. (S. 140).
Fäden phycochromhaltig . . . . . Chamaesiphon. (S. 146).
4) Fäden schraubenförmig, ohne Phycochrom.
Fäden kurz, schwach wellig . . . Vibrio. (S. 135).
Fäden kurz, spiralig, starr . . . Spirillum. (S. 135).
Fäden lang, spiralig, flexil, phycochromhaltig . . . . Spirochaete. (S. 138).
Fäden lang, spiralig, flexil . . . Spirulina. (Oscillariaceae, S. 146).
5) Fäden rosenkranzförmig.
Fäden ohne Phycochrom . . . . Streptococcus. (S. 95).
Fäden phycochromhaltig . . . . Anabaena. (S. 145).
Spermosira. (Nostocaceae, S. 145).
Fäden peitschenförmig nach der Spitze verjüngt . . . . Mastigothrix. (Rivulariaceae, S. 145).
b) Zellfäden durch Intercellularsubstanz zu Schleimfamilien vereinigt.
1) Fäden cylindrisch, farblos . . . . Myconostoc. (S. 140).

2) Fäden cylindrisch, phycochromhaltig Chthonoblastus, Limnochlide. (S. 146).
3) Fäden rosenkranzförmig . . . . Nostoc, Hormosiphon. (S. 145).
4) Fäden peitschenförmig nach der Spitze verjüngt . . . . Rivularia. (S. 145). Zonotrichia. (S. 145).

B. Zellfäden durch falsche Astbildung verzweigt.

1) Fäden cylindrisch, farblos . . . . Cladothrix. (S. 139). Streptothrix. (S. 139).
2) Fäden cylindrisch, phycochromhaltig Calothrix. (S. 145). Scytonema. (S. 145).
3) Fäden rosenkranzförmig . . . . Merizomyria. Mastigocladus.
4) Fäden peitschenförmig nach der Spitze verjüngt . . . . Schizosiphon. (S. 144). Geocyclus.

Neuerdings hat man erkannt, dass auch die bisherige Unterscheidung von Algen, Flechten und Pilzen zu Schwierigkeiten führt und gezwungen erscheint; namentlich ist es wiederum das Vorhandensein oder Fehlen des Chlorophylls, das man als Eintheilungsprincip verwirft, und ausserdem sollen nicht ausschliesslich die Fortpflanzungsverhältnisse berücksichtigt werden, sondern auch Merkmale der vegetativen Organe sollen möglichst zu einer natürlichen Ordnung herangezogen werden. Die Flechten sind ferner als selbstständige Classe zu streichen, da sie aus einem Pilz und einer Alge zu bestehen scheinen, auf welch' letzterer der erstere schmarotzt; sie werden daher denjenigen Ordnungen der Pilze angereiht, mit denen sie betreffs ihrer Früchte übereinstimmen, d. h. den Ascomyceten. Nach diesen Gesichtspunkten giebt Frank[1]) neuerdings folgendes System (im Auszuge):

Thallophytae.

I. Myxomycetes. Frei bewegliche chlorophylllose Protoplasmamassen, welche im nackten oder von einer Hülle umgebenen Zustande in zahlreiche Sporen zerfallen.

II. Schizophytae. Einzellige Pflanzen, welche durch Spaltung, zum Theil auch durch endogene Brutzellen sich vermehren.
   A. Schizomycetes. Ohne Chlorophyll. B. Phycochromaceae. Mit Chlorophyll, Phycoxanthin und Phycocyan.

III. Blastomycetes (Sprosspilze). Einzellig; chlorophylllos; vermehren sich durch hefeartige Sprossung, zum Theil durch endogene Brutzellen.

IV. Zygosporeae. Einzellig; geschlechtliche Zeugung, wenn vorhanden, durch Conjugation. Keine Zoosporen. Mucorineae, Conjugatae, Diatomaceae.

---

1) Leunis' Synopsis, Botanik, 3. Aufl. Hannover 1882.

V. Basidiosporeae. Meist mehrzellig; chlorophylllos. Fortpflanzung durch Basidiosporen; ohne Geschlechtsorgane und ohne Zoosporen. Entomophthoreae, Ustilagineae, Aecidiaceae, Tremellineae, Hymenomycetes, Gasteromycetes.

VI. Zoosporeae. Ein- oder mehrzellig. Fortpflanzung durch Zoosporen. Geschlechtliche Zeugung, wenn vorhanden, durch Paarung von Schwärmsporen oder durch differente Geschlechtsorgane.
   A. Leucozoosporeae. Ohne Chlorophyll. Chytridiaceae, Saprolegniaceae, Peronosporeae.
   B. Chlorozoosporeae. Rein chlorophyllgrün. Palmellaceae, Volvocineae, Hydrodictyeae, Siphoneae, Confervaceae.
   C. Phaeozoosporeae. Chlorophyll mit Phycophain und Phycoxanthin. Fucoideae.

VII. Carposporeae. Meist mehrzellig. Geschlechtliche Zeugung, wenn vorhanden, durch differente Geschlechtsorgane, bei denen das Product der Zeugung eine eigenthümliche Frucht mit einer oder vielen Sporen ist. Zoosporen fehlen meist.
   A. Ohne Chlorophyll. Ascomycetes, Lichenes.
   B. Rein chlorophyllgrün. Coleochaeteae, Characeae.
   C. Mit Chlorophyll und Phycoerythrin. Florideae.

Etwas abweichend ist das System der Pilze (mit Ausschluss der Schizomyceten), zu dem Brefeld durch seine neueren Untersuchungen gelangt ist. Derselbe findet, dass die niederen wie die höheren Pilze auf gemeinsame und zwar Sporangien tragende Formen zurückzuführen sind. Diese waren wahrscheinlich algenartige, grüne, vielleicht Wasser bewohnende Pflanzen, bei welchen die sexuelle Differenzirung in geschlechtliche und ungeschlechtliche Fruchtformen schon eingetreten war. Die Sexualität hat also ursprünglich bei allen Pilzformen bestanden; bei den Pilzen ist aber theils durch das Eingehen der verschiedenen Früchte, theils durch eine veränderte Entwickelung dieser Früchte oder vielmehr ihrer Sporen ein Geschlechtsverlust eingetreten. Durch weitere Differenzirung und durch Spaltung kann indess auch die Zahl der Fruchtformen vermehrt werden; während andererseits alle Fruchtformen eingehen können. In solchen Fällen eines totalen Fructificationsverlustes bleibt für die Erhaltung der Form nur die vegetative Vermehrung; es entstehen Formen, die nichts besitzen wie Mycelien, die sich zergliedern, oder Sprosscolonieen, die zerfallen. Formen dieser Art würden mit dem Fructificationsverlust ihren Charakter verloren haben und in ihren vegetativen Zuständen allein nicht mehr bestimmbar sein; sie würden aber kaum anders beschaffen sein können, als es unter den jetzt lebenden Pilzen z. B. Oidium lactis, unter den Blastomyceten Mycoderma etc. sind. Diese niederen Pilze können demnach nicht ohne weiteres als selbstständige Formen gedeutet werden; es ist eben so möglich, dass sie durch Reduction im Wege des Fructifications- und Geschlechtsverlustes aus höher differenzirten Formen entstanden sind. Sowohl bei niederen wie bei höheren Pilzen kommen hefeartige Sprossungen und Mycelzergliederungen wie bei Oidium vor; und hier ist dann die Deutung, dass z. B. die Sprosspilze reducirte Fadenpilze oder vielmehr reducirte Fadensprosse

der Fadenpilze sind, ebenso wahrscheinlich, wie die umgekehrte Annahme, dass die Fadenpilze höher entwickelte Sprosspilze sind. — Statt dass man die vollkommeneren Formen der jetzt lebenden Pilze aus den einfacheren herleitet, erscheint allgemein die Auffassung mindestens gleichberechtigt, dass die niederen Pilze durch Rückbildung aus höheren Formen hervorgegangen sind.

Für die natürliche Gruppirung der Pilze ist das Sporangium von grösster Bedeutung. Der Ascus ist eigentlich nichts anderes wie ein Sporangium, die Conidienfructificationen sind nichts als rückgebildete Ascen resp. Sporangien. In dem Sporangium liegt daher das verbindende Element nach den niederen Pilzen, in den Conidien der natürliche Anschluss an die höheren Pilze. Bei den niederen Pilzen ist das Sporangium noch vorherrschend, Rückbildungen zu Conidien kommen Anfangs nur vereinzelt vor; diese mehren sich aber bei den Ustilagineen und Entomophtoreen, bei den Ascomyceten besteht das Sporangium meist nur noch in einer Fruchtform fort, bei den Aecidio- und Basidiomyceten ist es endlich gänzlich zu Gunsten der Conidie erloschen. Für die Morphologie der Pilze müssen 3 Gesichtspunkte vorzugsweise berücksichtigt werden: 1) Das Eingehen resp. Zurücktreten der verschiedenen Fruchtformen; 2) das Verschwinden der Sexualität entweder aus den Fruchtformen oder mit diesen; 3) die Rückbildung der Sporangien zu Conidien. So ergiebt sich folgende Gruppirung:

A. Phycomycetes, Algenpilze. Diese theilen sich in:
- 1. Classe. Zygomycetes. 5 Familien: Mucorineen, Thamnidieen, Choanephoreen, Chaetocladiaceen, Piptocephaliden.
- 2. Classe. Oomycetes. 5 Familien: Chytridiaceen, Saprolegnieen, Peronosporeen, Entomophtoreen, Ustilagineen.

B. Mycomycetes, echte Pilze. Dahin gehören:
- 3. Classe. Ascomycetes.
- 4. Classe. Aecidiomycetes.
- 5. Classe. Basidiomycetes.

C. 6. Classe. Myxomycetes, Schleimpilze.

Näheres siehe in Brefeld, Untersuchungen über Schimmelpilze, Heft 4.

DRITTER ABSCHNITT.

Biologie der Mikroorganismen.

Schon in einer frühen Zeitepoche, wo eingehendere experimentelle Untersuchungen über die Lebenseigenthümlichkeiten der Pilze fehlten, und wo man hauptsächlich durch naturphilosophische Speculationen das bereits vorhandene lebhafte Interesse an der Bedeu-

tung und Lebensweise der Fermentorganismen zu befriedigen suchte, statuirte man für die Classe der Pilze eine bestimmte, sehr wichtige Rolle im Haushalt der Natur, und bemühte sich, die beobachteten Lebenserscheinungen der Pilze mit dieser Rolle in Einklang zu bringen. Durch die zahlreichen experimentellen Untersuchungen der neueren Zeit ist dann diese früher entwickelte Idee zwar in ihren Grundzügen bestätigt, aber im Einzelnen sind erhebliche Abweichungen zu Tage getreten.

Die Ansicht von der teleologischen Function und der Bedeutung der Pilze stützt sich vor allem auf den Chlorophyllmangel derselben und setzt die Pilze somit in einen starken Gegensatz zu den gesammten übrigen durch einen Gehalt an Chlorophyll ausgezeichneten Pflanzen. Während diese letzteren einschliesslich der den Pilzen so nahe stehenden Algen, ihren Bedarf an Kohlenstoff und Stickstoff der Kohlensäure und dem Ammoniak oder der Salpetersäure in ihrer Umgebung entnehmen und aus diesen einfachen Verbindungen die complicirten C- und N-haltigen Stoffe ihres Organismus mit Hülfe des Chlorophylls aufbauen; und während demgemäss für diese Pflanzen die Möglichkeit besteht, z. B. aus Wasser, welches die nöthigen Mineralsubstanzen enthält, und aus CO_2- und NH_3-haltiger Luft ihr Nährmaterial zu assimiliren, sind die Pilze durch ihren Chlorophyllmangel zu einer derartigen Existenz nicht befähigt, sondern bedürfen vorgebildeter organischer Substanz, um den Verbrauch ihres Körpers zu decken und neue Körpersubstanz zu bilden. Daher können sie nicht in reinem, nur Mineralsubstanzen enthaltenden Wasser existiren; sie vegetiren vielmehr nur auf todtem, N- und C-reichem, organischem Material, namentlich also auf abgestorbenen Pflanzen- und Thierorganismen; oder sie leben als Parasiten, ihren pflanzlichen oder thierischen Wirthen die zum Leben und Wachsthum nöthigen organischen Stoffe entziehend.

Daraus ergiebt sich dann sogleich die Bedeutung der Pilze für den Haushalt der Natur. Um der chlorophyllhaltigen Vegetation stets wieder die nöthigen, einfachen Nährstoffe zuzuführen, bedarf es einer steten Zerlegung und Auflösung der gebildeten Pflanzensubstanz zu jenen einfachen Verbindungen. Die gesammte jährlich entstandene und wieder abgestorbene Vegetation muss in relativ kurzer Zeit so verändert werden, dass aus den complicirten Pflanzenstoffen, dem Eiweiss, den Kohlehydraten, der Cellulose wieder Wasser, Kohlensäure und Ammoniak entsteht; nur unter dieser Bedingung ist eine stetig fortgehende Erneuerung der Vegetation denkbar. Nun fällt zwar ein Theil dieser zerstörenden Arbeit dem thierischen Organismus zu; die

thierische Zelle spaltet die aufgenommenen pflanzlichen Stoffe und überliefert sie der Oxydation. Die Energie, welche in den complicirten chemischen Verbindungen der Pflanze dadurch aufgehäuft war, dass die Pflanze mit Hülfe des Chlorophylls die Arbeit der Lichtstrahlen in chemische Spannkraft umsetzte, wird dabei vom thierischen Organismus verbraucht und zur Wärmeproduction und zu den verschiedenen Leistungen des Körpers benutzt. Aber dieser Consum der pflanzlichen Substanz durch thierische Organismen reicht bei weitem nicht aus, um der ganzen Production pflanzlicher Stoffe das Gleichgewicht und die Menge der einfachen Nährstoffe der Pflanzen auf solcher Höhe zu halten, dass sie für Ernährung und Wachsthum immer neuer Vegetationen ausreichen. Es muss offenbar im Haushalt der Natur noch ein anderer Factor vorhanden sein, durch den eine viel umfangreichere Zerstörung todter pflanzlicher Substanz und eine viel stärkere Bildung von CO_2 und NH_3 statthat, als durch den Lebensprocess der Thiere; und es tritt diese Nothwendigkeit um so schärfer hervor, seit man erkannt hat, dass das einfache Nebeneinandersein der meisten organischen Stoffe und des atmosphärischen Sauerstoffs bei gewöhnlicher Temperatur nur zu einer kaum merklichen Oxydation führt, dass vielmehr erst die lebendige Zelle die Bedingungen für eine rasche Zerstörung und Oxydation organischer Stoffe liefert. Weiter muss die Forderung erhoben werden, dass auch die Substanz der todten thierischen Körper einem zerstörenden und auflösenden Einfluss ausgesetzt ist, der hier ganz in demselben Sinne wirkt wie bei der pflanzlichen todten Substanz; denn auch den thierischen organischen Stoffen gegenüber sehen wir den atmosphärischen Sauerstoff relativ machtlos und ungeeignet, deren Umwandlung in CO_2, NH_3 und Wasser zu bewirken.

In diese gefahrdrohende Lücke in dem steten Regenerationsprocess der Natur greifen nun die niederen Pilze ein. Sie bilden den nothwendigen Factor, der eine rasche Zersetzung und Oxydation todter organischer Substanz, thierischen oder pflanzlichen Ursprungs, ermöglicht und in grösstem Umfange immer wieder die einfachen C- und N-verbindungen herstellt, deren die lebende wachsende Pflanze als Nahrung bedarf. Die Pilze sind zu dieser Rolle befähigt gerade dadurch, dass sie nicht wie die anderen chlorophyllhaltigen Pflanzen die Energie der Sonne auszunützen und sich von CO_2 und NH_3 zu nähren vermögen, sondern dass sie gleich den Thieren complicirte chemische Verbindungen verarbeiten, deren Spannkraftvorrath ihnen das Material zu ihren Leistungen liefert. Sie sind weiter dazu befähigt durch die weiten Grenzen, innerhalb deren ihre äusseren Exi-

stenzbedingungen ohne Schaden schwanken können; dann durch ihre unglaublich rasche Vermehrung, für welche sie in kurzer Zeit eine bedeutende Masse von Nährstoffen verbrauchen; ferner noch dadurch, dass sie unter gewissen Umständen doch nur einen relativ sehr kleinen Bruchtheil der Nährstoffe für das eigene Wachsthum verwenden, dagegen einen vielfach grösseren, durch die ihnen eigenthümliche Gährwirkung oberflächlich zersetzen und zu weiterer Oxydation geeignet machen. Es ist schliesslich gleichsam nur als eine wenig auffällige Verschiebung ihrer Function anzusehen, wenn sie gelegentlich als Parasiten schon auf lebenden Pflanzen oder Thieren sich ansiedeln und diesen Vernichtung bringen, indem sie aufs schnellste die organischen Körperbestandtheile ihrer Wirthe zu einfachsten chemischen Verbindungen auflösen.

Entsprechend dieser ganzen Auffassung von der Function und Bedeutung der Pilze muss das wesentlichste Merkmal ihrer physiologischen Eigenthümlichkeit in der Ernährung durch complicirte organische Substanz und in dem Unvermögen, den C und N aus CO_2 und NH_3 zu assimiliren, gesucht werden. Von dieser Eigenschaft gingen daher frühere Untersuchungen als einer sicheren Thatsache aus.

Pasteur war der Erste, welcher exacte experimentelle Untersuchungen über die Biologie der Pilze anstellte; diese ergaben aber Resultate, welche in mancher Beziehung von den bis dahin geltenden Anschauungen abwichen. Pasteur zeigte vor allem, dass Hefe- und Schimmelpilze in so fern auch in einer den höheren Pflanzen ähnlichen Weise zu leben vermögen, als sie den Stickstoff aus Ammoniaksalzen und selbst aus Nitraten zu assimiliren und so, gerade wie chlorophyllhaltige Pflanzen, die complicirten eiweissartigen Substanzen ihres Körpers aus einfachem Material aufzubauen vermögen. Weiter fand man, dass verschiedene Pilze ein sehr differentes biologisches Verhalten zeigen; dass die einen des Sauerstoffs bedürfen und rasche Oxydationen ausführen, andere ohne Sauerstoff zu leben vermögen und dann oft umfangreiche aber oberflächliche Spaltung des Nährmaterials bewirken; dass nur gewisse Pilze sauere Reaction und starke Concentration des Nährmediums ertragen; dass sie bei sehr verschiedenen Temperaturen am üppigsten gedeihen; dass die einen diese, die anderen jene Nährsubstanzen bevorzugen, und dass auch nicht alle gleich gut den N des NH_3 und der HNO_3 zu verwerthen im Stande sind; dass endlich sogar ein und dieselben Pilze unter wechselnden äusseren Bedingungen in ihrem Stoff- und Kraftwechsel sich ganz verschieden verhalten.

Durch diese Resultate der experimentellen Forschung wurde

zwar die früher construirte Ansicht über die Bedeutung der Pilze für die übrige belebte Natur nicht völlig erschüttert. Denn nach wie vor steht es fest, dass sämmtliche niedere Pilze auch von complicirten chemischen Stoffen zu leben vermögen, dass diese sogar das bevorzugte Nährmaterial bilden, und dass daher die Zerstörung der todten organischen Substanz wesentlich durch Pilze erfolgt. Aber das physiologische Verhalten, durch welches sie zu ihrer eigenthümlichen Rolle befähigt werden, erscheint nicht mehr als ein so einfaches, mit wenigen Worten zu definirendes, sondern setzt sich zusammen aus einer Menge von gesondert zu betrachtenden Vorgängen, die je nach der Art der Pilze und nach den äusseren Bedingungen, unter denen sie sich befinden, erheblich variiren. Wir können uns daher nicht mehr mit einer allgemeinen Formel begnügen, wenn wir einen Einblick in die Lebenserscheinungen der Pilze gewinnen wollen, sondern wir müssen inductiv verfahren und aus einer grossen Reihe von Einzelbeobachtungen und Einzelexperimenten das Leben der niederen Organismen zu erkennen suchen. Und auch an dieser Stelle werden wir demgemäss der Biologie der Pilze eine eingehende und detaillirte Erörterung widmen müssen, um so mehr, als diese Seite der mykologischen Forschung für die Hygiene von ganz hervorragender Wichtigkeit ist.

Die gesammten biologischen Erscheinungen, die an den Pilzen zur Beobachtung gelangen, werden zweckmässig in ähnlicher Weise dem experimentellen Studium unterworfen, wie die Lebenserscheinungen der complicirteren Organismen, der Thiere oder höheren Pflanzen. Wenn wir die letzteren als Paradigma zu Grunde legen, so gehen wir im Grunde vom complicirteren zum einfacheren zurück; es ist wahrscheinlich, dass manche biologische Probleme, die trotz zahlreichster Untersuchungen am complicirten Organismus unlösbar waren, an diesen einfachsten Lebewesen weit eher zur Lösung gelangen, und dass somit in späterer Zeit die Biologie der Pilze ein Licht auf die Biologie höherer Geschöpfe reflectiren wird, wenn wir auch einstweilen die an diesen gelernten Erkenntnissmethoden benutzen.

Wollen wir den Stoffwechsel irgend eines complicirteren Organismus in Betracht ziehen, so pflegen wir durch verschieden variirte Ernährungs- und Stoffwechselversuche zunächst die Art und Menge der Stoffe zu bestimmen, welche derselbe von aussen aufnimmt, und die sonstigen äusseren Bedingungen zu normiren, die zum geregelten Ablauf des Lebens nothwendig sind; ferner untersuchen wir die

Schicksale und die Verwendung der aufgenommenen Nährstoffe im Körper, die Ausscheidungsproducte und endlich die Leistungen des Organismus, und sind auf diese Weise in Stand gesetzt, eine Bilanz zu ziehen, die darüber aufklärt, welche stoffliche Veränderungen und welche Kraftumsetzungen die Grundlagen des Lebens jenes Organismus ausmachen.

In ganz ähnlicher Weise werden wir die Biologie der niederen Pilze zergliedern müssen. Auch für diese haben wir zunächst die nothwendigen Lebensbedingungen experimentell zu ermitteln; es fragt sich, welche festen Nährstoffe den Pilzen geboten werden müssen, welche Rolle der Sauerstoff spielt, ob Temperatur, Luftdruck, Licht u. s. w. von merkbarem Einfluss auf Wachsthum und Vermehrung der Pilze sind. So weit die Fortpflanzung durch Sporenbildung erfolgt, ist noch gesondert zu erörtern, welche Bedingungen diesem Act zu Grunde liegen, und von welchen äusseren Umständen das Auskeimen der Sporen wiederum abhängt.

Zweitens sind dann die Lebensäusserungen der niederen Pilze zu erörtern. Als solche lernen wir zunächst die Assimilirung des Nährmaterials, die Stoffumwandlungen in den Zellen und gleichzeitig damit verschiedene Kraftleistungen z. B. Wachsthum, Vermehrung und Fructification kennen; ferner scheiden die Pilze gewisse Stoffwechselproducte aus, die theilweise von besonderem Interesse sind; endlich äussern sie unter Umständen zwei eigenthümliche Wirkungen, nämlich die Gährwirkung und die Krankheitserregung, die eingehende Betrachtung erfordern.

Die Erörterung der Lebensbedingungen schliesst naturgemäss auch eine Besprechung der das Leben schädigenden und störenden Einflüsse in sich. Es erscheint jedoch zweckmässig, in einem dritten gesonderten Abschnitt die Erscheinungen der Involution und des Todes der niederen Pilze, sowie derjenigen Mittel zu besprechen, welche zu einer Wachsthumshemmung oder Vernichtung der Pilze führen können. Es sind diese Mittel identisch mit den desinficirenden Mitteln, welche neuerdings so grosse Bedeutung erlangt haben.

Viertens endlich sind die Untersuchungen über die Biologie der niederen Pilze auch noch über das Individuum hinaus auszudehnen, und das Verhalten einer fortlaufenden Reihe von Individuen ist in Betracht zu ziehen. Das Auftreten von Modificationen, Varietäten, Rassen und Arten ist es namentlich, das in dieser Richtung unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen muss.

Die gesammten im folgenden gegebenen biologischen Erörterungen

sind lediglich auf die hygienisch wichtigsten niederen Pilze (Schimmelpilze, Hefepilze und Spaltpilze) beschränkt; bezüglich anderer Pilze und Mikroorganismen, welche in die vorstehende morphologische Uebersicht mit aufgenommen sind, muss auf die dort gelegentlich gegebenen physiologischen Notizen verwiesen werden.

I. Lebensbedingungen der niederen Pilze.

Für ein besseres Verständniss der Ernährungsvorgänge erscheint es erforderlich, zunächst einen kurzen Ueberblick über die chemische Zusammensetzung der Pilze zu geben. Sodann ist der Reihe nach die Bedeutung der einzelnen Nährstoffe zu besprechen und zwar zunächst die des Stickstoffs, dann die des Kohlenstoffs, des Wasserstoffs und gebundenen Sauerstoffs, der Mineralsubstanzen, des Wassers und endlich des freien Sauerstoffs. Specielle Beachtung erfordern noch namentlich die Concentration und die Reaction des Nährgemisches. Von ferneren Lebensbedingungen stellt sich der Einfluss von Druck, Licht, Elektricität, mechanischen Bewegungen als minder wichtiges, die Einwirkung verschiedener Temperatur, die Gährwirkung und die Concurrenz mit anderen Pilzen als sehr bedeutsames Moment für das Gedeihen der einzelnen Mikroorganismen heraus. — Schliesslich erfordern noch die verschiedenen Lebensphasen und Lebensäusserungen, welche sich ausser dem einfachen Wachsthum resp. der Vermehrung an den Pilzen beobachten lassen, eine besondere Erörterung der dafür nöthigen Bedingungen. Von diesen letzteren sollen jedoch an dieser Stelle nur noch die Bedingungen der Sporenbildung und Sporenkeimung besprochen werden, während die Bedingungen für das Zustandekommen der Gährthätigkeit und der Krankheitserregung, sowie die Bedingungen der Involution und des Absterbens späteren Capiteln vorbehalten bleiben.

In fast allen diesen Punkten zeigen nun aber die Schimmelpilze, Sprosspilze und Spaltpilze ein so abweichendes Verhalten untereinander, dass jeder einzelnen dieser drei Classen eine besondere Betrachtung gewidmet werden muss.

a) Lebensbedingungen der Schimmelpilze.

1) Chemische Zusammensetzung der Schimmelpilze. Bis vor kurzem lagen noch keine vollständigen Analysen der eigentlichen Schimmelpilze vor; doch durfte man wohl annehmen, dass ihre Zusammensetzung eine ähnliche ist wie die der grösseren Pilze.

Für diese kann man als Mittel der Analysen etwa folgende Zahlen aufstellen:

88% Wasser, 3% stickstoffhaltige, 5% stickstofflose organische Stoffe, 1% Asche; im lufttrockenen Zustande: 17% Wasser, 25% stickstoffhaltige, 45% stickstofflose Substanz, 8% Asche.

Neuerdings hat Sieber[1]) einige Analysen von Schimmelpilzen ausgeführt; allerdings wie es scheint ohne genügende Vorsichtsmassregeln für die Reinhaltung des Materials. Es wurde gefunden: 1) für eine Cultur von Penicillium und Mucor auf einer Nährlösung von Zucker und Gelatine:

In Aether löslich	= 18,7%	der trockenen Substanz.
In Alkohol löslich	= 6,9%	» » »
Asche	= 4,9%	» » »
Eiweiss	= 29,9%	» » »
Cellulose . . .	= 39,6%	» » »

2) für eine Cultur auf Salmiak-Zuckerlösung, vorwiegend aus Aspergillus glaucus bestehend:

In Aether löslich = 11,2%; in Alkohol löslich = 3,4%; Asche = 0,7%; Eiweiss = 28,9%; Cellulose = 55,7%.

Besonders bemerkenswerth ist gegenüber den unten mitgetheilten Analysen der Spross- und Spaltpilze das bedeutende Ueberwiegen der N-freien Substanzen; es beruht dies vor allem darauf, dass eine stark entwickelte Cellulose vorhanden ist und dass nur im Zellinhalt eiweissartige Substanzen sich finden; ferner darauf, dass auch lösliche zuckerartige Stoffe in wägbarer Menge vorhanden sind.

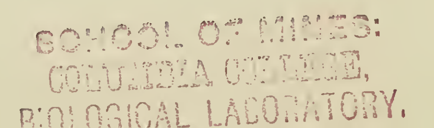
Die Mineralbestandtheile setzen sich bei grösseren Pilzen im Durchschnitt folgendermassen zusammen:

50% Kali, 1,5% Natron, 1% Kalk, 2% Magnesia, 1% Eisenoxyd, 30% Phosphorsäure, geringe Mengen von Kieselsäure und Salzsäure und sehr wechselnde Mengen von Schwefelsäure.

Am bedeutungsvollsten erscheinen demnach Kali und Phosphorsäure.

2) Die Nährstoffe der Schimmelpilze. Der chemischen Zusammensetzung entsprechend wird zum Aufbau und zur Erhaltung des Körperbestandes der Schimmelpilze in grösster Menge Wasser, ferner C- und N-haltige organische Substanz, von Aschebestandtheilen hauptsächlich Kali und Phosphorsäure erforderlich sein; welche chemische Verbindungen aber diese Nährstoffe zu liefern im Stande sind und in welchem Mengenverhältniss sie dargeboten sein müssen, darüber können nur besondere Experimente Aufschluss geben.

1) Journ. f. prakt. Chemie. (2). 23. 412.



Einschlägige Versuchsreihen sind früher von Pasteur und in ausgedehnter Weise von Raulin[1]) ausgeführt. Letzterer verfuhr dabei so, dass er Aspergillus niger in einer Nährlösung züchtete, von der er nach vielfältigen Versuchen annehmen durfte, dass sie zur Ernährung des Pilzes besonders geeignet und als Normallösung zu betrachten sei. Dieselbe war zusammengesetzt aus 1500 Grm. Wasser, 70 Grm. Candiszucker, 4 Grm. Weinsäure, 4 Grm. Ammoniumnitrat, 0,6 Grm. Ammoniumphosphat, 0,6 Grm. Kaliumcarbonat, 0,4 Grm. Magnesiumcarbonat, 0,25 Grm. Ammoniumsulfat und je 0,07 Grm. Zinksulfat, Eisensulfat und Kaliumsilikat. Säete Raulin in diese Flüssigkeit, die er in 2—3 Ctm. hoher Schicht in flachen bedeckten Schalen bei etwa 35° hielt, Sporen von Asp. niger aus, so war nach 3 Tagen ein überall fructifirendes Mycel gebildet; dasselbe wurde abgenommen, und von der restirenden Flüssigkeit wurde nach abermals 3 Tagen eine neue Vegetation gewonnen, nach deren Entfernung sich die Nährstoffe der Flüssigkeit fast völlig erschöpft zeigten. Das Trockengewicht der gesammelten Ernten wurde bestimmt und zu etwa 25 Grm. gefunden. — Mit diesem Resultate wurden nun die Erntegewichte verglichen, die sich erzielen liessen, wenn der eine oder andere Bestandtheil der Normalnährlösung fortgelassen wurde. Raulin fand, dass das Fehlen der Phosphorsäure den grössten Ausfall bedingte, indem sie die Ernte auf $^1/_{200}$ der normalen reducirte; Fehlen des Ammoniaks liess nur $^1/_{150}$, des Kalis $^1/_{25}$ der normalen Ernte aufkommen. Kein Bestandtheil der Raulin'schen Flüssigkeit konnte ohne Schaden ganz fehlen; selbst ein Fortlassen des Zinks beeinträchtigte das Ernteergebniss erheblich.

Vollkommenere Versuche ähnlicher Art sind neuerdings von Nägeli angestellt. Derselbe zeigte, dass den früheren Versuchen gewisse Fehlerquellen anhaften dadurch, dass z. B. nicht genügend auf die Herstellung von Reinculturen und auf den Abschluss aller anderen Pilze geachtet war, dass ferner der Luftzutritt, die Reaction, die günstigste Concentration jedes einzelnen Nährstoffs (das sog. Concentrationsoptimum), endlich die Veränderung der Nährlösung durch das Wachsthum des Pilzes selbst, nicht genügend berücksichtigt wurden. Nägeli's[2]) vielfältige und exacter angestellte Versuche führten ungefähr zu folgenden Resultaten:

Der Stickstoffbedarf kann nicht gedeckt werden durch freien Stickstoff und durch den an Kohlenstoff gebundenen Stickstoff des Cyans; ebenso scheint sich der an Sauerstoff gebundene Stickstoff als ziemlich ungenügend zu erweisen, wenigstens waren Nitroverbindungen, wie Pikrinsäure und Nitrobenzoësäure sehr schlechte Nährstoffe. Am besten dagegen scheint die NH_2-Gruppe, weniger

1) Raulin, Compt. rend. T. 56. p. 229.

2) Nägeli, Untersuchungen über niedere Pilze, München 1882.

gut die NH-Gruppe assimilirbaren N zu liefern; dementsprechend erweisen sich als geeignet zur Ernährung von Schimmelpilzen: Ammoniaksalze (Salmiak, Ammoniumphosphat, Ammoniumnitrat; essigsaures, oxalsaures, bernsteinsaures, weinsaures Ammoniak u. s. w.); ferner salzsaures Methyl- und Aethylamin, Trimethylamin; Leucin, Asparagin; Acetamid, Oxamid; Harnstoff. Am besten geeignet als N-haltiges Nährmaterial sind die löslichen Eiweissstoffe und Peptone. Endlich kann auch aus Nitraten der N durch Schimmelpilze assimilirt werden; vermuthlich findet dabei eine allmähliche Reduction der HNO_3 zu HNO_2 und schliesslich zu NH_3 statt; doch konnten diese Reductionsproducte bisher nicht nachgewiesen werden. Bei vergleichenden Versuchen zeigte sich zwischen dem Nähreffect der Nitrate und der Ammoniaksalze kein deutlicher Unterschied; Harnstoff war günstiger als beide; Pepton besser als dieser.

Der Kohlenstoff kann der Gruppe CH_3 oder CH_2 entnommen werden, wobei es dann ausserdem günstig und unter Umständen nöthig ist, dass mehrere C-Atome zu einem Molekül vereinigt sind. Bestehen in einer chemischen Verbindung lediglich Bindungen des C's mit N, O oder C, so vermag aus derselben kein C assimilirt zu werden. Nicht zur C-Nahrung geeignet sind daher CO_2, Cyan, Ameisensäure, Harnstoff (nur bezüglich des C's!), Oxalsäure, Oxamid. Ausserdem sind selbstverständlich diejenigen Verbindungen zur Ernährung ungeeignet, die in Wasser unlöslich sind, wie die höheren Fettsäuren, ferner die unlöslichen Huminsubstanzen. Unter den nährenden Kohlenstoffverbindungen scheint dann noch, abgesehen von der Zahl der C-Atome, die Zersetzlichkeit der Verbindung günstigen Einfluss zu üben; je leichter auch durch andere Agentien, durch Oxydationsmittel u. s. w. eine Zerlegung der Verbindung eintritt, um so leichter vermag sie assimilirt zu werden. Empirisch hat sich Nägeli etwa folgende Stufenfolge für die Nährtüchtigkeit verschiedener organischer Verbindungen bezüglich des Kohlenstoffs ergeben: 1) Die Zuckerarten. 2) Mannit, Glycerin; die C-Gruppe im Leucin. 3) Weinsäure, Citronensäure, Bernsteinsäure, die C-Gruppe im Asparagin. 4) Essigsäure, Aethylalkohol, Chinasäure. 5) Benzoësäure, Salicylsäure, die C-Gruppe im Propylamin. 6) Die C-Gruppe im Methylamin, Phenol. Ferner erwiesen sich noch Pyrogallol und Gerbsäure als ziemlich gute C-Quellen; und endlich ist noch die schon im Jahre 1858 gemachte Beobachtung Pasteur's zu erwähnen, dass auch Traubensäure, eine Verbindung von rechtsdrehender und linksdrehender Weinsäure, in der Form von traubensaurem Ammoniak Schimmelpilze zu ernähren vermag, dass dabei aber nur die rechtsdrehende Weinsäure

von den Pilzen aufgenommen wird, während die linksdrehende in der Nährflüssigkeit zurückbleibt.

Im Grunde ist eine Vergleichung des Nährwerths der verschiedenen C-Quellen sehr schwierig, weil sie in ihrer Wirkung sich offenbar anders verhalten werden, sobald die Quellen für den N-Bedarf wechseln; und wiederum, wenn man für Gleichheit der N-haltigen Nährstoffe sorgt, so ist es fraglich, ob dieselbe N-Substanz nicht in anderer Weise assimilirt wird, wenn die C-Quellen verschieden sind. Es scheint daher zu exacteren Vergleichsversuchen zu führen, wenn man C- und N-Quellen combinirt und dann verschiedene derartige Combinationen vergleichenden Experimenten unterwirft. In solcher Weise ist Nägeli zu folgender Skala gelangt, die von den besser zu den schlechter nährenden Substanzen fortschreitet: 1) Eiweiss (Pepton) und Zucker. 2) Leucin und Zucker. 3) Weinsaures Ammoniak oder Salmiak und Zucker. 4) Eiweiss (Pepton). 5) Leucin. 6) Weinsaures Ammoniak; bernsteinsaures Ammoniak; Asparagin. 7) Essigsaures Amoniak.

Eiweissartige und zur Gruppe der Kohlehydrate gehörige Stoffe scheinen demnach die normalen Nahrungsquellen der Schimmelpilze zu sein und es sind zugleich diejenigen Nährstoffe, auf welche dieselben in den natürlichen Verhältnissen gewöhnlich angewiesen sind. Andererseits aber ist es bemerkenswerth, in welch grosser Breite eine Variirung des Nährmaterials gestattet ist, und wie die Schimmelpilze gerade durch die Nährfähigkeit der allerverschiedensten, chemisch differentesten Substanzen in besonders günstiger Weise für die Erhaltung ihres Lebens ausgerüstet erscheinen.

Was die Zufuhr des Wasserstoffs und des gebundenen Sauerstoffs betrifft, so geschieht dieselbe theils durch die oben genannten C- und N-Verbindungen, theils durch Wasser und freien Sauerstoff. — An der Constitution der organischen Substanzen der Schimmelpilze betheiligt sich schliesslich noch der Schwefel, der ja vermuthlich in allen eigentlichen Eiweissstoffen enthalten ist. Nach Nägeli's Versuchen kann derselbe aus Albuminaten; ebensogut aber oder besser aus schwefelsauren, schwefligsauren und unterschwefligsauren Verbindungen entnommen werden; auch Sulfosäuren können als Ersatz fungiren, nicht aber Sulfoharnstoff und Rhodanverbindungen. Exacte Versuche über die S-Zufuhr sind übrigens deshalb sehr schwierig auszuführen, weil die geringen zur ausreichenden Ernährung nöthigen S-Mengen gewöhnlich als Verunreinigung den übrigen Nährmaterialien, z. B. auch dem Zucker, anhaften.

Sehr wichtig für die Ernährung der Schimmelpilze sind Wasser

und Mineralsubstanzen. Das Wasser ist selbstverständlich in grösster Menge zur Ernährung der Schimmelpilze erforderlich; theils tritt es in die complicirten Verbindungen ein, welche von den Pilzen aufgebaut werden, theils macht es den Hauptbestandtheil neugebildeter Pilzsubstanz aus, theils ist es das Lösungs- und Transportmittel, welches hier wie bei den höheren Organismen die Bewegung der Stoffe in der Zelle ermöglicht. Von besonderem Interesse ist bezüglich des Wasserbedarfs der Schimmelpilze dasjenige Minimum von Wasser, welches in den Nährsubstraten vorhanden sein muss, falls eine genügende Ernährung zu Stande kommen soll; auf dieses Verhalten ist bei der Erörterung der Concentration der Nährstoffe noch näher einzugehen. — Von Mineralsubstanzen sind nach Nägeli's neueren Untersuchungen relativ wenige erforderlich. Während die chlorophyllhaltigen Pflanzen ausser Phosphorsäure, Schwefelsäure und Alkalien noch Calcium und Magnesium und ferner noch Eisen, Kieselsäure und Chlor zur ausreichenden Ernährung bedürfen, wird der Bedarf der Schimmelpilze gedeckt durch Schwefelsäure, Phosphorsäure, Kalium, Calcium oder Magnesium, dabei kann das Kalium nicht etwa durch Natrium, wohl aber durch Caesium und Rubidium ersetzt werden; das Calcium können ausser Magnesium auch noch Barium und Strontium vertreten. Stets aber muss ein Element aus der Gruppe der Alkalien und eines aus der Gruppe der alkalischen Erden gleichzeitig vorhanden sein; beiden scheinen verschiedene Functionen zuzukommen, die vielleicht so bezeichnet werden können, dass die Erden, zum Theil als Erdphosphate, nur Einlagerungen in Plasma und Zellmembran bilden, während die Alkalisalze hauptsächlich in der Form von primärem und secundärem Kaliumphosphat (KH_2PO_4 und K_2HPO_4, ersteres von sauerer, letzterer von alkalischer Reaction) in Lösung in der freien Zellflüssigkeit sich finden.

Ausser den bisher aufgezählten festen und flüssigen Nährstoffen bedürfen die Schimmelpilze zu ihrer normalen Entwicklung durchaus noch der Zufuhr freien gasförmigen Sauerstoffs. Schon Pasteur hatte constatirt, dass ähnlich wie dies von grösseren Pilzen bekannt war, so auch Schimmelpilze (Penicillium) Sauerstoff aus der sie umgebenden Atmosphäre aufnahmen. Bestätigt wird das Sauerstoffbedürfniss der Schimmelpilze ausserdem durch die Art ihres Vorkommens und ihrer Ansiedelungen, die sich nur auf solche Orte beschränken, wo sie in unmittelbarer Berührung mit freiem Sauerstoff sind. Sie vegetiren daher nur auf der Oberfläche von Flüssigkeiten (ebenso auf der äusseren Oberfläche des thierischen oder menschlichen Körpers, in den Luftwegen u. s. w.) und in diesen nur so weit, als

ihnen dies der in den Flüssigkeiten gelöste Sauerstoff gestattet. Werden sie in sauerstofffreien Flüssigkeiten untergetaucht, so hört das normale Wachsthum auf; einige Schimmelpilze (nam. mucor, s. S. 55) können dann nur noch hefeartige Sprossungen treiben, und damit nach Brefeld's Anschauung ein auf die Erhaltung der Art abzielendes Moment schaffen; denn die hefeartigen Zellen erzeugen in dem O-freien Medium Gährung mit reichlicher CO_2-Entwicklung, und der entstehende Strom von CO_2-Bläschen trägt die Elemente des Pilzes wieder an die Oberfläche, wo sie in normaler Weise zu wachsen und zu fructificiren vermögen. — Eine Ausnahme bildet scheinbar das Wachsthum der Schimmelpilze im Innern des thierischen Körpers. In neuerer Zeit ist durch zahlreiche Versuche der sichere Nachweis erbracht, dass Sporen von Aspergillus- und Mucorarten (vgl. S. 55 und 61) in der Niere und in anderen inneren Organen des lebenden Körpers keimen und zum Mycel auswachsen können. Dabei ist aber bis jetzt stets nur eine beschränkte Mycelbildung, niemals die Production von Fruchtträgern und Sporen beobachtet; und es lässt sich daher das Sauerstoffbedürfniss der Schimmelpilze wohl dahin präcisiren, dass normales Wachsthum mit Fructification nur in einer Atmosphäre stattfinden kann, welche die fortgesetzte Berührung mit freiem O gestattet; dass dagegen zur Mycelbildung allein vermuthlich auch locker gebundener Sauerstoff, wie er im thierichen Körper im Sauerstoff-Hämoglobin geboten ist, ausreicht. Dieser Anschauung entspricht dann auch das Auftreten der parasitischen Pilze bei niederen Thieren; die pathogenen Empusa-, Cordyceps-, Botrytis-, Isariaarten bilden im Körper der befallenen Raupen und Insecten stark entwickelte Mycelien; die eigentliche Fructification erfolgt aber stets erst mit Hülfe von Fruchtträgern, welche die Körperoberfläche durchbrochen haben und mit der Luft in Berührung getreten sind (vgl. auch unter „Krankheitserregung").

So weit reichen unsere jetzigen Kenntnisse über die Qualität der nothwendigen Nährstoffe der Schimmelpilze. Ausser diesen muss aber ferner die Quantität der verschiedenen Nährstoffe und ihr Mengenverhältniss interessiren. Es ist vorauszusehen, dass ein Uebermass oder eine zu geringe Menge des einen oder anderen Nährstoffs ungünstig wirkt und dass es ein Optimum der Quantität für jeden einzelnen Nährstoff geben wird, bei welchem die Ernährung am besten vor sich geht, welches aber abhängig ist von der sonstigen Zusammensetzung des Nährgemisches und in seinen Werthen variirt je nach der Menge der anderen gleichzeitig vorhandenen Stoffe. Ueber diese wichtigen Fragen ist indess noch sehr wenig bekannt;

nur 2 Momente sind auf Grund zahlreicher Beobachtungen und einzelner Untersuchungen einer Erörterung zugänglich, nämlich einmal die für ein geeignetes Nährgemisch nöthige Wassermenge, mit anderen Worten die Concentration des Nährgemisches; und dann die Menge von überschüssigem freiem Alkali oder freier Säure, die gleichbedeutend ist mit der Reaction des Nährgemisches.

Was die Concentration oder den Wassergehalt der Nahrung anlangt, so können sehr bedeutende Schwankungen stattfinden, ohne das Wachsthum von Schimmelpilzen völlig zu hindern; die Schimmelpilze besitzen in dieser Beziehung eine weit geringere Empfindlichkeit als Spross- und Spaltpilze. Einige Schimmelpilze gedeihen noch in den verdünntesten Nährgemischen, die nur Spuren der nothwendigen Nährstoffe enthalten (namentlich bei Penicillium beobachtet). Während jedoch nach dieser Seite hin die Lebensfähigkeit der Spross- und Spaltpilze nahezu die gleiche ist, sind die Schimmelpilze diesen weit überlegen, wenn es sich um geringen Wassergehalt und starke Concentrationen handelt. Auch gegen diese zeigen sich die Schimmelpilze äusserst unempfindlich; Nährgemische, denen durch Verdunstung, durch Salz- oder Zuckerzusatz ein grosser Theil des Wassers entzogen ist, und die dadurch ungeeignet geworden sind Spross- und Spaltpilze zu ernähren, reichen noch aus zur Cultivirung verschiedener Schimmelpilze. Zahlen für die untere und obere Grenze des Wassergehalts sind noch nicht festgestellt, und lassen sich auch nur schwer feststellen, weil dieselben je nach der sonstigen Beschaffenheit des Nährmediums und nach dem Bedürfniss der verschiedenen Schimmelpilzarten erheblich schwanken. Bei der Conservirung der Nahrungsmittel hat man die Erfahrung gemacht, dass z. B. geräuchertes oder gesalzenes Fleisch, das 50% Wasser enthält, keinen Nährboden mehr bietet für Spaltpilze, dagegen wohl noch zu schimmeln vermag; eine völlige Hinderung der Schimmelbildung scheint erst bei einem Wassergehalt von nur 10—12% einzutreten; ist gleichzeitig Zucker in reichlicher Menge vorhanden, so tritt dieselbe Wirkung schon bei einem Wassergehalt von circa 30% ein. — Diese Zahlen bezeichnen die unterste zulässige Grenze des Wassergehalts; das Optimum desselben liegt viel höher, vielleicht bei 80%, so weit die Abhängigkeit des Optimums von der Menge der übrigen Nährstoffe die Aufstellung einer solchen bestimmten Ziffer gestattet. — Uebrigens sind nicht alle Schimmelpilze in gleicher Weise gegen höhere Concentration des Nährmediums indifferent; gewisse Pilze scheinen erheblich empfindlicher zu sein, so einige vorzugsweise parasitisch lebende, die lediglich in gewissen feuchten Jahren und an feuchten Localitäten vorkommen.

Auch die Reaction der Nährmischung ist von wesentlichstem Einfluss auf das Gedeihen der Schimmelpilze. Am empfindlichsten scheinen sie gegen einen Ueberschuss von Alkali zu sein, obwohl einzelne Formen auch noch auf deutlich alkalisch reagirendem Substrat vorkommen; viel weniger schädlich ist ein Ueberschuss von Säure. Freie Weinsäure kann bis zu 5%, freie Phosphorsäure bis zu 1% und mehr im Nährgemisch vorhanden sein, ohne dass dadurch die Ansiedlung von Schimmelpilzen verhindert wird. Auch dies Verhalten ist deshalb von grosser Wichtigkeit, weil hier wiederum ein Unterschied vorliegt zwischen den Schimmelpilzen und der Mehrzahl der Spaltpilze, welche ihrerseits gerade gegen Säureüberschuss sehr empfindlich sind, und weil deshalb durch die Reaction des Nährgemisches allein die Art der in einer Concurrenz siegenden Pilze bestimmt sein kann. — In dieser Richtung fehlt es übrigens ebenfalls noch an Zahlenwerthen, welche die Differenzen der Nährlösungen und die specifische Eigenart verschiedener Pilzformen berücksichtigen.

Wie erwähnt, muss es auch für alle übrigen Nährstoffe günstigste Mengenverhältnisse geben, deren Ueber- oder Unterschreitung störend und beeinträchtigend wirkt. Jede Beimischung fremder, nicht nährender Stoffe muss ferner eine gewisse Verschlechterung des Nährgemisches veranlassen, selbst wenn diese Stoffe an sich durchaus kein Gift für den Pilz darstellen und sogar in grosser Concentration das Wachsthum desselben nicht völlig verhindern. Endlich können dann noch giftige, specifisch das Wachsthum der Schimmelpilze schädigende Stoffe im Nährsubstrat oder in der umgebenden Luft vorhanden sein; die Wirkung dieser ist in dem Capitel „Desinfection" näher zu besprechen.

3) Sonstige Lebensbedingungen der Schimmelpilze. Gesteigerter und verminderter Luftdruck, Licht, Elektricität sind bezüglich ihres Einflusses auf das Wachsthum der Schimmelpilze noch nicht Gegenstand ausgedehnterer Versuchsreihen gewesen; so weit die bisherigen Beobachtungen Schlüsse gestatten, scheinen sie ohne merkbaren Einfluss zu sein. Auch über eine störende oder günstige Wirkung von Bewegungen der Nährgemische ist nichts bekannt; und von einem förderlichen oder hemmenden Einfluss der Gährthätigkeit auf das Wachsthum kann bei den Schimmelpilzen keine Rede sein, da sie keine Gährung veranlassen. Es bleiben somit von den Lebensbedingungen, welche ausser den Nährstoffen das Leben der Pilze zu beeinflussen vermögen, nur noch die Temperatur und die Concurrenz mit anderen Pilzen als solche Momente übrig, die für das Gedeihen der Schimmelpilze in Betracht gezogen werden können.

Die Temperatur kommt hier nur so weit in Frage, als sie sich innerhalb mittlerer Grenzen bewegt; die Extreme, starke Kälte und Hitze, sind bei der Besprechung der Absterbebedingungen der Pilze zu erörtern. Für diejenigen Temperaturen, welche innerhalb der natürlichen Verhältnisse vorkommen, gilt nun ungefähr dasselbe, was oben bezüglich der Concentration der Nährstoffe betont wurde. Für die Schimmelpilze existirt ein Optimum der Temperatur, bei welchem sie am raschesten wachsen und am besten gedeihen; aber dieses Optimum ist vor allem ganz verschieden je nach der Art des Pilzes, und ist ferner verschieden je nach den im Einzelfall gegebenen, sonstigen Lebens- und Nährbedingungen. Für Penicillium liegt das Optimum cet. par. ganz anders wie für Aspergillus, und für diesen wiederum anders als für Mucor. Penicillium scheint am besten bei einer Temperatur von ungefähr 20° zu gedeihen; es vegetirt noch bei relativ niederer Temperatur (bei + 2,5°)[1]), die sich wenig über den Gefrierpunkt erhebt, mit ansteigender Temperatur nimmt die Wachsthumsenergie zu, bis jenes Optimum erreicht ist, um dann wieder abzunehmen, bis bei etwa 43° die Weiterentwicklung aufhört. Für Aspergillus flavescens liegt dagegen das Optimum viel höher, etwa bei 35—38°, bei + 45° vegetirt er noch lebhaft (Eidam); bei 12—15° ist sein Wachsthum ein penibles und äusserst langsames. Mehrfach variirte Versuche müssen auch hier noch bestimmtere Zahlen liefern; so viel ist jedenfalls sicher, dass die Temperatur oft ausschlaggebend sein muss für diejenige Art von Schimmelpilzen, welche zur Entwicklung und zur Herrschaft in einem Nährmedium gelangt.

Einen ganz wesentlichen Einfluss auf das Gedeihen einer Schimmelpilzcultur hat endlich die gleichzeitige Etablirung anderer Pilze auf demselben Nährmedium. Während es leicht gelingt, in einer nur mit Schimmelpilzen besäten und gegen den Zutritt anderer Pilze geschützten Nährlösung eine lebhafte Vegetation zu erzielen, kommt vielleicht in derselben Nährlösung kein Schimmelpilz zur Entwicklung, wenn gleichzeitig Spaltpilze hineingelangen, denen das betreffende Nährmedium eine raschere Vermehrung gestattet. Unter diesen Umständen sind dann gerade diejenigen Lebensbedingungen von besonderer Wichtigkeit, welche bei den Schimmelpilzen, Sprosspilzen und Spaltpilzen verschieden sind; und als solche kennen wir namentlich die Concentration und die Reaction des Nährmediums. In einem wasserarmen und ebenso in einem stark saueren Gemenge

1) Wiesner, Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. I. Abth. 1873. April.

vermögen nur wenige Spaltpilze zu gedeihen; wo also diese Bedingungen vorliegen, gehört der Boden ausschliesslich Spross- und Schimmelpilzen, und es gelingt Schimmelpilzen ein Terrain zu erobern, das bei geringerem Säuregrad oder bei reichlicherem Wassergehalt unzweifelhaft von Spaltpilzen occupirt sein würde, die viel energischer die Nährstoffe assimiliren und diese den Schimmelpilzen entziehen. Auf diese wichtige Concurrenz unter den verschiedenen Pilzclassen ist noch bei verschiedenen anderen Gelegenheiten aufmerksam zu machen. Eine ähnliche Concurrenz findet natürlich auch unter den verschiedenen Pilzarten einer und derselben Classe statt, nur dass hier dann andere Factoren für den Sieg der einen oder anderen Art ausschlaggebend sind. So ist z. B. die Temperatur in diesem Sinne von bedeutendstem Einfluss; während auf einem 15° warmen Nährmedium, auf das sowohl Aspergillus- wie Penicilliumsporen gelangen, nur die letzteren zur Bildung einer reichlichen Cultur gelangen, welche die Aspergilluskeime vollständig unterdrückt, kann man sehr wohl auch diese letzteren zur Occupation des Nährmediums bringen, wenn man die Penicilliumsporen vollständig fernhält; und umgekehrt führt die gemeinsame Aussaat beider Arten auf ein 35° warmes Medium stets nur zum Aufgehen der Aspergillussaat. Auch andere Nährbedingungen können in ähnlichem Sinne wirken, und so ist die schliesslich resultirende Cultur resp. die in der Natur vorgefundene Ansiedlung eines gewissen Schimmelpilzes nicht allein begründet in den vorhandenen Lebensbedingungen, sondern ist auch wesentlich abhängig von denjenigen anderen Pilzformen, welche gleichzeitig mit dem Nährboden in Berührung gekommen und so zur Concurrenz gelangt sind.

4) Bedingungen der Sporenbildung und Sporenkeimung. Bei den Schimmelpilzen gehört die Sporenbildung so durchaus zum Leben des Pilzes, dass eine Mycelbildung ohne Fructification nicht als normale und vollkommene Entwicklung angesehen werden kann. In den allerseltensten Fällen kommt es nur zur Bildung steriler Mycelien (vgl. S. 78); praktisch haben wir es fast stets mit sporenbildenden Mycelien zu thun. Die oben geschilderten Lebensbedingungen gelten daher auch nicht für das Wachsthum des Mycels allein, sondern zugleich für die Fructification und Sporenbildung; wie nothwendig namentlich für letztere die Gegenwart von Sauerstoff ist, wurde oben bereits betont, und es erübrigt daher an dieser Stelle nur noch das wenige anzuführen, was speciell über den Act der Sporenkeimung bekannt ist. Für diese ist zunächst die Anwesenheit besonderer Nährstoffe nicht unbedingt erforderlich,

ausgenommen eine grössere Wassermenge; die Bildung des Keimschlauchs erfolgt dann auf Kosten der in der Spore angehäuften Nährstoffe, und erst von einer gewissen Entwicklung des Keimschlauchs an bedarf es der Zufuhr der oben angegebenen nothwendigen Nahrungsmittel. Es kann daher das Auskeimen der benetzten Sporen selbst auf Glasplatten beobachtet werden. (Bei einigen Pilzen z. B. Mucor mucedo erfolgt auch das erste Auskeimen nur auf geeignetem Nährsubstrat.) — Ausser Wasser ist noch die Anwesenheit von Sauerstoff zum Keimungsprocess nothwendig; und ferner eine geeignete Temperatur. Letztere zeigt auch hier für differente Pilzsporen ein verschiedenes Minimum, Optimum und Maximum. Für Penecilliumsporen liegt ersteres bei + 0,5, letzteres bei + 43°, das Optimum bei + 22°. — Belichtung ist für die Sporenkeimung der Pilze nicht erforderlich.

Vom Eintritt der Keimungsbedingungen an bis zum Hervortreten des Keimschlauchs ist ein gewisser Zeitraum erforderlich, der von der Art der Sporen und vermuthlich vor allem von der Dicke der Sporenmembran abhängig ist und von wenigen Stunden bis zu mehreren Tagen variirt. Aehnliche Schwankungen bestehen bezüglich der Dauer der Keimfähigkeit der Sporen. Bei den Uredo- und Aecidiumsporen der Rostpilze, sowie bei Peronosporeen erhält sie sich nur wenige Wochen, während die Sporen von Ustilago carbo, Tilletia caries 2—3 Jahre, die von Botrytis Bassiana 1—2 Jahre keimfähig bleiben. Eigenthümlich ist ferner noch die Erscheinung, dass die Dauersporen erst nach einer längeren Ruheperiode zu keimen vermögen (vgl. S. 46).

b) Lebensbedingungen der Sprosspilze.

1) Chemische Zusammensetzung der Sprosspilze. Ueber die Sprosspilze liegen sehr zahlreiche Versuche vor, die einen ziemlich genauen Einblick in ihre chemische Zusammensetzung und ihren Stoffwechsel gestatten. Dieselben betreffen fast durchweg die gewöhnliche Bierhefe, deren nützliche Verwendung im menschlichen Haushalt von jeher ein besonderes Interesse an dieser Pilzspecies erweckt hat; selten sind andere Sprosspilze zum Untersuchungsobject gewählt, wie z. B. Mycoderma vini (von A. Schultz, in Mayer's Gährungschemie, S. 213).

Gesammtanalysen von Hefe liegen namentlich vor von Schlossberger, Mulder und Wagner, Mitscherlich, Payen, Liebig.[1]) Im

1) Vgl. Mayer, Lehrbuch der Gährungschemie. 1879. S. 110. — Schützenberger, Gährungserscheinungen. S. 58.

Mittel wurden in ausgewaschener und möglichst aschefreier, trockener Hefe gefunden:

48% C, 9—12% N, 6—7% H, 0,6% S.

Neuere von NÄGELI[1]) angestellte Analysen haben zu folgendem Resultat für untergährige Hefe geführt:

Cellulose und Pflanzenschleim der Zellmembran	37%,
Albuminstoffe	45%,
Peptone	2%,
Fett	5%,
Extractstoffe (Leucin, Glycerin u. s. w.) . . .	4%,
Asche	7%.

Hefe, welche längere Zeit Gährung unterhalten hat, soll nach PASTEUR's u. A. Angaben einen erheblich niedrigeren N-Gehalt — nur 5,0 und 5,5 % — enthalten. — Die eiweissartigen Stoffe haben SCHLOSSBERGER und MULDER entweder durch Behandeln mit Kalilauge oder mit Essigsäure zu isoliren gesucht, und haben dabei in der That eine den Proteïnstoffen zukommende Zusammensetzung ein isolirten Stoffe gefunden; neuerdings wurde aus Hefezellen durch Auskochen mit verdünnter Salzsäure und Fällen mit Steinsalz ein Eiweisskörper erhalten, welcher Mykoproteïn genannt ist und bei der Zusammensetzung der Spaltpilze eine bedeutende Rolle spielt; seine Menge ist jedoch für Hefe noch nicht bestimmt (NENCKI).[2]) Wurde der nach dem Behandeln mit Kalilauge gebliebene Rückstand mit Essigsäure und Wasser behandelt, so blieb eine Substanz übrig, die bei der Analyse: 44,9 % C, 6,7 % H, 0,5 % N (nach späterer Analyse von NÄGELI und LÖW 41,4 % C und 6,6% H)[3]) ergab und sich somit als ziemlich reine Cellulose darstellte. Dieselbe liess sich durch Kochen mit Schwefelsäure in gährungsfähigen Zucker umwandeln und löste sich nicht in Kupferoxyd-Ammoniak, war also von der gewöhnlichen Cellulose etwas verschieden.

Der Wassergehalt frischer Hefe beträgt, sofern dieselbe vegetationsfähig war, 40—80 %; bei höherem oder niederem Wassergehalt ist die Hefe nicht mehr als intact und vermehrungstüchtig anzusehen.

Beachtenswerth ist, wie gegenüber den Schimmelpilzen sich die Relation zwischen N-losen, celluloseartigen Bestandtheilen und Proteïnsubstanzen verändert; bei der Hefe finden wir 37 % Cellulose und 47 % Eiweissstoffe; bei den Schimmelpilzen circa 50 % Cellu-

---

1) NÄGELI, Sitzungsb. d. bayr. Akad. d. Wiss. 1878. Mai.

2) NENCKI, Beiträge zur Biologie der Spaltpilze. 1880. S. 48.

3) Journ. f. prakt. Chem. Nr. 5. Bd. 17.

lose und 29 % eiweissartige Stoffe. — Allerdings ist es nicht ganz richtig, die gefundene N-Menge auf Eiweiss umzurechnen; ein Theil des N's gehört vielmehr anderen Substanzen, wie Leucin, Tyrosin u. s. w. an, die durch Extrahiren mit Eiswasser aus frischer Hefe in gewisser Menge zu erhalten sind (siehe über diese weiter unten); und ebenso finden sich ausser Cellulose noch gummiartige Körper, ferner Glycerin, Bernsteinsäure u. s. w., als C-haltige, N-freie Stoffe; aber für gewöhnlich kommen alle diese Substanzen in zu geringer Menge vor, um auf das Verhältniss zwischen Cellulose und Proteïn merkbar einzuwirken.

Für die Hefenasche liegen ebenfalls mehrfache Analysen vor, deren zuverlässigste folgende Resultate ergeben haben (Mitscherlich):

	Asche von obergähriger Hefe	Asche von untergähriger Hefe
Kali	38,8%	28,3%
Phosphorsäure	53,9%	59,4%
Kalk	1,0%	4,3%
Magnesia	6,0%	8,1%
Kieselsäure	Spuren	—

Die Asche ist demnach gegenüber derjenigen der Schimmelpilze namentlich durch einen viel höheren Gehalt an Phosphorsäure ausgezeichnet, was dem höheren Eiweissgehalt vollkommen entspricht.

2) Die Nährstoffe der Sprosspilze. Bei der Untersuchung der Ernährung und der Nährstoffe der Hefepilze ist es nothwendig zu beachten, dass sich diese Begriffe nicht etwa mit dem der Gährung und der Gährstoffe decken. Die Gährung verläuft in gewisser Beziehung unabhängig von der Ernährung der Hefe; sie gehört nicht nothwendig zum Stoffwechsel der Hefe, sondern bildet nur eine gelegentliche Ausdehnung und Complication desselben, welche man zweckmässig zunächst ganz unberücksichtigt lässt, wenn man die Art der nothwendigen Nährstoffe und ihre Verwendung in der Hefezelle kennen lernen will. Erst in den neueren Versuchsreihen ist diese Trennung richtig durchgeführt, während frühere Beobachter Gährung und Hefe-Wachsthum stets mit einander verknüpften. Ferner sind die neueren namentlich von Nägeli angestellten Versuche deshalb einwandfreier, weil in denselben auf möglichste Herstellung reiner Hefeculturen geachtet wurde. [1])

---

1) Vgl. Pasteur, Ann. d. Chim. et de Phys. (3). Bd. 58. — Duclaux, Thèses présent. à la fac. de sc. de Paris 1865. — Dubrunfaut, Comt. rend. Bd. 73. — Schützenberger, Comt. rend. Bd. 78. — Mayer, Untersuchungen über die alkoholische Gährung u. s. w. 1869. — Landwirthsch Versuchsstat. Bd. 14. — Mach, Annal. d. Oenologie. Bd. 4. — Nägeli, Theorie der Gährung. 1879. — Untersuchungen über niedere Pilze. 1882.

Bezüglich ihres Bedarfes an Nährstoffen schliessen sich die Hefepilze grossentheils eng an die Schimmelpilze an, so dass das dort Hervorgehobene fast durchweg auch hier Geltung hat. Der Stickstoff wird den Hefepilzen, entsprechend ihrem höheren N-Gehalt, in besonders reichlichem Masse zugeführt werden müssen. Am günstigsten wirken lösliche, leicht diffundirende Eiweissstoffe, namentlich Peptone; Ammoniaksalze, substituirte Ammoniake und die anderen bei den Schimmelpilzen aufgeführten N-haltigen Verbindungen können die Stelle der Proteïnstoffe vertreten; aber wenn anhaltend ausschliesslich Ammoniaksalze als N-Quelle geboten werden, so scheinen die Hefepilze zu degeneriren, indem ihre Substanz fettreicher und N-ärmer wird; diese Degeneration tritt um so leichter ein, wenn noch sonstige Lebensbedingungen, z. B. der freie Sauerstoff, fehlen (Nägeli). Unter sonst gleichen Umständen haben Peptone als N-Quelle eine etwa 4mal günstigere Wirkung als z. B. weinsaures Ammon. Einen wesentlichen Unterschied gegenüber den Schimmelpilzen bilden die Hefezellen bezüglich der Nitrate; diese erweisen sich zur Ernährung der letzteren durchaus ungeeignet und können nicht als N-Quelle dienen. — Der Kohlenstoff verhält sich ganz wie bei den Schimmelpilzen; als Quellen desselben sind vor allem Zucker, dann Mannit, Glycerin, Weinsäure u. s. w. geeignet. Für Mycoderma vini scheint Alkohol ein fast unersetzbares Nährmaterial zu bilden, der höchstens durch äpfelsaure Salze vertretbar sein soll (Schultz, vgl. S. 170). — Auch bezüglich des Wasserstoffs, gebundenen Sauerstoffs und Schwefels hat sich bis jetzt keine bemerkenswerthe Differenz gegenüber den Schimmelpilzen ergeben. Von Mineralsubstanzen sind wiederum Kali, Phosphorsäure und Calcium vor allem unentbehrlich; einen merkwürdig günstigen Einfluss hat das Vorhandensein einer grösseren Menge von Dikaliumphosphat (circa 20 %).

Wesentlich anders wie bei den Schimmelpilzen verhält sich der Sauerstoff gegenüber den Hefepilzen. Im Ganzen ist der Zutritt freien Sauerstoffs von sehr günstiger Wirkung auf das Wachsthum und die Vermehrung der Hefezellen; mit sauerstoffhaltigem Wasser oder mit Oxyhämoglobin in Berührung gebracht, nimmt die Hefe, wie Schützenberger gezeigt hat, sehr begierig den Sauerstoff auf; und unter sonst gleichen Umständen wird die beste Ernte von Hefe erzielt, wenn ein gleichmässiger Luftstrom durch die Nährflüssigkeit geleitet wird. Es kann aber auch ohne Zutritt von Sauerstoff Vermehrung der Hefe stattfinden, freilich nur dann, wenn die übrigen Nährstoffe in günstiger Form geboten sind und wenn die

Hefezellen gleichzeitig Gährthätigkeit entfalten. So gestattet eine Peptonlösung oder Hefeabsud mit 1—10% Zucker und 0,5% Phosphorsäure versetzt, auch ohne Luftzutritt lebhafte Vermehrung der Hefe; weniger energisch ist das Wachsthum, wenn statt des Peptons Fleischextract, Harnstoff oder Ammoniaksalze mit Zucker gemischt sind; dagegen bleibt die Hefevegetation völlig aus oder bleibt äusserst geringfügig, wenn der Zucker ganz fehlt oder durch andere nicht so leicht gährungsfähige Körper, wie Glycerin, Mannit u. s. w. ersetzt wird. In allen Fällen geht Hand in Hand mit der ohne Sauerstoffzutritt erfolgten Vermehrung der Hefe eine Vergährung des Zuckers, und die Gährthätigkeit scheint geradezu die Wirkung des freien Sauerstoffs zu ersetzen. — Diese Entbehrlichkeit des Sauerstoffs beeinflusst natürlich auch das Vorkommen und die Fundorte der Hefe; so wird sie im Innern von Früchten vegetiren können, vorausgesetzt nur, dass diese gährungsfähigen Zucker enthalten und die übrigen Bedingungen zur Entfaltung einer Gährthätigkeit vorhanden sind.

Auch in der Concentration und Reaction ergeben sich einige Differenzen zwischen Schimmel- und Hefepilzen. Letztere vertragen nicht so starke Concentration des Nährgemisches wie die Schimmelpilze; im übrigen ist auch hier das Optimum des Wassergehalts ganz abhängig von der Art der übrigen Nährstoffe; schlecht nährende Verbindungen erfordern im Allgemeinen eine grosse Verdünnung (NH_3-Salze dürfen nur in etwa 1%igen Lösungen geboten sein), während Zucker beispielsweise noch bis zu 35% im Nährgemisch enthalten sein darf, ohne dass die Hefevegetation aufhört.

Bezüglich der Reaction sind die Hefepilze den Schimmelpilzen darin ähnlich, dass sie ziemlich stark sauere Reaction ohne Schaden vertragen; doch liegt die obere Grenze des unschädlichen Säureüberschusses niedriger wie bei den Schimmelpilzen, so dass durch starkes Ansäuern (5% Weinsäure, 1% Phosphorsäure) die Entwicklung der Schimmelpilze gegenüber den Sprosspilzen begünstigt wird. Sehr empfindlich scheint die Hefe gegen überschüssiges Alkali zu sein, so dass selbst Spuren desselben ihrer Vegetation hinderlich werden (Dumas, Mayer, S. 152).

3) Sonstige Lebensbedingungen der Hefepilze. Auch die übrigen Factoren, welche auf die Wachsthumsenergie der Pilze von Einfluss sein können, sind bei der Hefe zum Theil genauer erforscht. — Erhöhter Druck, Licht, Electricität sind, soweit eine besondere Prüfung angestellt wurde, ohne Einfluss auf die Vegetation der Hefe gefunden. Dass mechanische Bewegung der Nährlösung speciell auf Hefe ungünstig wirkt, ist neuerdings von Hoppe-Seyler

beobachtet; jedoch beschränkte sich diese Untersuchung nur auf das Verhalten der Gährthätigkeit der Hefe, und ausserdem waren die Hefeculturen stark mit Spaltpilzen verunreinigt. Als bedeutsames Moment auch für die Entwicklung der Hefe zeigt sich die Temperatur. Das Optimum derselben scheint bei 25—30° zu liegen; doch ist es selbstverständlich von der sonstigen Beschaffenheit der Nährlösung abhängig. Ueber das Optimum hinaus scheint dann die Wachsthumsenergie rasch abzunehmen und bei etwa 53° zu sistiren; bei Erniedrigung der Temperatur kommt es zu einer langsameren Abnahme des Wachsthums, so dass selbst in der Nähe des Gefrierpunkts noch geringfügige Vegetation stattfindet.

Als besonderer Factor kommt bei denjenigen Hefepilzen, welche Gährung zu erregen vermögen, noch eben diese Gährthätigkeit in Betracht. Erfahrungsgemäss geht mit der Energie der Gährung die Entwicklung der Hefezellen parallel; ferner scheint die Hefe, wenn Zucker in der Nährlösung enthalten ist, sich erheblich rascher zu vermehren, als wenn nicht durch Hefe vergährbare Stoffe, wie Glycerin, geboten sind. Letzteres zeigt sich aber bei anderen, nicht gährungserregenden Pilzen als ebenso guter Nährstoff wie Zucker; so dass also wohl der Schluss gezogen werden darf, dass die Gährthätigkeit selbst im Stande ist, den Hefezellen eine gewisse bei ihrem vegetativen Leben verwerthbare Summe von Energie zuzuführen (Nägeli).

Endlich spielt auch bei dem Gedeihen der Hefepilze die gleichzeitige Ansiedlung anderer Pilze und die Concurrenz mit diesen eine bedeutsame Rolle. Namentlich Spaltpilze sind vermöge ihrer rascheren Vermehrung leicht geeignet, die Hefepilze nur zu einer beschränkten Entwicklung kommen zu lassen; jedoch ist auch hier das Resultat wieder abhängig von der ganzen Summe der Lebensbedingungen, die leicht den Sprosspilzen günstiger sein und dadurch einen Ersatz für ihre geringere Wachsthumsenergie bieten können. In erster Linie kommen auch hier die Concentration und Reaction des Nährmediums in Betracht; zuweilen auch die Temperatur, deren höhere Grade z. B. gegen einen Sieg mancher concurrirender Schimmelpilze, wie Penicillium schützen. Ausserdem scheint wiederum die Gährthätigkeit von eigenthümlichem Einfluss auf die Concurrenz der Hefe zu sein. Bringt man nämlich in eine neutrale zuckerhaltige Nährlösung eine ganz geringe Menge Hefe und sorgt nicht für völlige Abhaltung der Spaltpilze, so pflegen sich letztere reichlich zu vermehren, und man bekommt eine stark verunreinigte Hefecultur oder gar ein Vorherrschen der Spaltpilze. Steigt man aber mit der Quan-

tität der ausgesäten Hefe auf ein gewisses Mass — für 1 Liter Nährlösung 1,7 Grm. Trockensubstanz oder 10 Ccm. dicke Hefemasse —, so vermehrt sich nur die Hefe und die Spaltpilze kommen kaum zur Entwicklung. Es lässt sich zeigen, dass diese Erscheinung nicht etwa in einer Ausscheidung von den Spaltpilzen schädlichen Stoffen durch die Hefe beruht, sondern man muss vermuthen, dass die Gährungsbewegung es ist, welche die Vermehrung der Spaltpilze hindert. Damit stimmt die Beobachtung überein, dass die Reincultur der Hefe um so sicherer gelingt, je rascher und vollständiger nach der Einsaat die Gährung beginnt, dass sie aber unabhängig ist von der Zahl der gleichzeitig hineingelangten Spaltpilze. Dadurch erklärt es sich ferner, warum die gewöhnliche Bierhefe so relativ frei von Spaltpilzen ist und warum bei dem richtig geleiteten Brauprocess keine Störung durch Spaltpilzentwicklung zu befürchten ist (Nägeli)[1].

4) Bedingungen der Sporenbildung und Sporenkeimung. Im Gegensatz zu den höheren Pflanzen und auch noch zu den Schimmelpilzen sind die Spross- und Spaltpilze dadurch ausgezeichnet, dass sie eine sehr grosse Neigung besitzen, die gebotenen Nährstoffe zu einer unbegrenzt fortlaufenden rein vegetativen Zellvermehrung zu verwenden, ohne eine eigentliche Fructification zu liefern. In adäquatem Nährmedium treibt die Hefe durch Sprossung immer neue Zellen, theilen sich die Spaltpilze ins ungemessene, einem enorm entwickelten Baum ohne Früchte vergleichbar. Nur dann, wenn die Nährbedingungen erheblich ungünstiger werden, wenn einer der wichtigsten Nährstoffe zu fehlen beginnt, erfährt die gewöhnliche Art der Vermehrung eine Unterbrechung; der Pilz flüchtet gewissermassen den Rest der ausreichenden Nährstoffe in eine haltbarere Zellenform, die ein gänzliches Versiegen der Nährstoffe zu ertragen und demnächst selbst nach langer Pause in neuem Nährmedium eine neue Vegetation hervorzurufen vermag.

Für die Hefe sind die Bedingungen der Sporenbildung besonders dann gegeben, wenn das Nährsubstrat sehr arm an Nährstoffen, besonders an Zucker, oder sehr verdünnt, dann aber so gewählt wird, dass (wie bei Schimmelpilzen) gleichzeitig dem Sauerstoff der Luft freier Zutritt gestattet und die Wasserverdunstung beschränkt ist. Wird auf ausgekochten dünnen Abschnitten von Mohrrüben, oder auch auf angefeuchtetem Gips Hefebrei ausgestrichen und dann in feuchtem Raum gehalten, so erfolgt nach wenigen Tagen die oben S. 83 beschriebene Sporenbildung der Hefezellen; dasselbe wird

1) Nägeli, Theorie der Gährung. 1879. S. 77.

erzielt, wenn eine mit Hefe besäte Zuckerlösung durch täglichen Wasserzusatz mehr und mehr verdünnt wird. — Die gebildeten Sporen können dann längere Zeit aufbewahrt werden und austrocknen, ohne ihre Keimfähigkeit zu verlieren.

Die Bedingungen der Keimung dieser Sporen sind ähnlich wie bei den Schimmelsporen: die Nährstoffe können für die ersten Sprossungen fehlen; dagegen ist Feuchtigkeit und freier Sauerstoff unbedingt nöthig, so dass also in Bezug auf letzteren ein wesentlicher Unterschied zwischen der Sprossvegetation und der Fructification der Hefe bestehen würde. Ausserdem ist dann auch hier wieder die Temperatur von massgebendem, aber noch nicht näher quantitativ bestimmtem Einfluss.[1])

c) *Lebensbedingungen der Spaltpilze.*

1) Chemische Zusammensetzung der Spaltpilze. Um die Spaltpilze isolirt von der Nährflüssigkeit zu erhalten verfährt man nach NENCKI[2]) so, dass man die Flüssigkeit mit 2—3% freier Salzsäure ansäuert und aufkocht; die Bakterienmassen werden dann coagulirt und lassen sich gut abfiltriren. Dabei müssen dann aber Nährlösungen vermieden werden, aus welchen durch dieses Verfahren Eiweiss abgeschieden werden könnte, und deshalb sind nur einige in bestimmten geeigneten Nährlösungen cultivirbare Spaltpilze bisher analysirt. Für Spaltpilze, die in 2%iger Gelatinelösung (oder auch in Lösung von schleimsaurem Ammoniak) gezüchtet waren, fand NENCKI folgende Zusammensetzung, und zwar angeblich für die verschiedenen Stadien ihrer Entwicklung, welche mit Bildung einer sehr schleimigen Zoogloea beginnen soll:

	Reine Zoogloeamasse	Zoogloeamasse mit entwickelten Bakterien	Reife Bakterien
Wassergehalt	84,81%	84,26%	83,42%
	In der wasserfreien Substanz:		
Eiweiss	85,76%	87,46%	84,20%
Fett	7,89%	6,41%	6,04%
Asche	4,20%	3,04%	4,72%
Nicht bestimmter Rest	2,15%	3,09%	5,04%.

Die Eiweisssubstanz wurde grösstentheils aus einem Körper gebildet, der durch einige Reactionen (z. B. Nichtfällbarkeit durch Alkohol), namentlich aber durch seine elementare Zusammensetzung von anderen Proteïnstoffen verschieden und von NENCKI Mykoproteïn

1) RUSS, Annalen der Oenologie. Bd. 2. — Botan. Zeit. 1873.
2) NENCKI, Beiträge zur Biologie der Spaltpilze. 1880.

genannt ist. Derselbe enthielt 52,32% C, 7,55% H, 14,75% N; keinen Schwefel und keinen Phosphor (letztere beiden Angaben bedürfen wohl noch der Bestätigung); durch Schmelzen mit Aetzkali konnten Phenol, Skatol, Indol, reichliche Mengen von Fettsäuren, namentlich Valeriansäure, und Leucin aus dem Mykoproteïn gewonnen werden.[1])

Nach diesen Analysen würde die Relation zwischen Eiweissstoffen und celluloseähnlichen Körpern, welche schon bei den Hefepilzen sich bedeutend zu Gunsten der ersteren ändert, bei den Spaltpilzen eine noch weit erheblichere Alteration in demselben Sinne erfahren, so dass die N freien Stoffe vollständig zurücktreten und eiweissartige Substanzen fast die ganze Körpermasse der Spaltpilze ausmachen. Allerdings liegen von Nägeli und Löw Analysen anderer Spaltpilze vor, welche von den Nencki'schen Resultaten zum Theil erheblich abweichen. Für eine in weinsaurem Ammoniak gezogene Micrococcusvegetation ergaben sich 10,65% N und 6,94% Asche; und für Essigmutter, welche aus einer zähen Gallerte mit eingebetteten kurzen Stäbchen bestand, fanden sich 98,3% Wasser und in der Trockensubstanz nur 1,82% N und 3,37% Asche, so dass also hier vorzugsweise N-freie Cellulosesubstanz vorliegen müsste. Es bleibt abzuwarten, in wie weit fernere Analysen Aufklärung über diese Differenzen bringen. — Aschenanalysen von Spaltpilzen sind bisher noch nicht veröffentlicht; doch ist die Zusammensetzung der Asche vermuthlich derjenigen der Hefeasche ähnlich.

2) Die Nährstoffe der Spaltpilze. Im Ganzen gleichen auch die Nährstoffe und Lebensbedingungen der Spaltpilze denen der Schimmelpilze; nur zeigen die verschiedenen Arten der Spaltpilze oft so differente Bedürfnisse, dass ein viel detaillirteres Studium für die Erkenntniss derselben erforderlich ist. Späteren Versuchen muss daher noch eine weitgehende Ausarbeitung dieses Capitels vorbehalten bleiben.

Den Stickstoff[2]) beziehen auch die Spaltpilze am besten von diffusiblen Eiweissstoffen; weniger günstig sind Ammoniaksalze, doch werden dieselben relativ besser vertragen als bei den Sprosspilzen. Die übrigen N haltigen Verbindungen scheinen ungefähr die für die Schimmelpilze angegebene Scala einzuhalten; auch aus Nitraten kann der N entnommen werden, und zwar konnte in den betreffenden Ver-

---

1) Nencki, Journ. f. prakt. Chem. N. F. Bd. 23.

2) Vgl. namentlich Nägeli, l. c. — Cohn, Beiträge. Bd. I. Hft. 2. — Bucholtz, Arch. f. exper. Path. Bd. 7. S. 81. — Mayer v. Knierim, Landw. Versuchsstat. Bd. 16. (Essigpilz).

suchen die allmähliche Reduction der Salpetersäure zu salpetriger Säure und schliesslich zu Ammoniak constatirt werden. — Für die Deckung des Kohlenstoffbedarfs reichen ausser Zucker, zuckerähnlichen Körpern und Glycerin namentlich die verschiedensten fettsauren Salze aus, so die Alkaliverbindungen der Weinsäure, Citronensäure, Aepfelsäure, Schleimsäure, Milchsäure, Essigsäure u. s. w.; ferner ist namentlich zu erwähnen der Aethylalkohol, der das günstigste Nährmaterial für den Essigsäurepilz bildet und der bis zu 10% in der Nährlösung enthalten sein darf. — Bezüglich der sonstigen Nährstoffe, und auch der Mineralsubstanzen sind noch keine wesentlichen Differenzen gegenüber den anderen Pilzen constatirt worden.

Ein je nach den verschiedenen Spaltpilzarten äusserst differentes Verhalten zeigt der Sauerstoff. Pasteur hat diesen bereits von ihm beobachteten Unterschieden Rechnung getragen durch seine Eintheilung der Pilze in Aërobien und Anaërobien; und verschiedene neuere Forschungen haben bestätigt, dass in der That einzelnen Spaltpilzen der freie Sauerstoff zu ihrer vollen Entwicklung durchaus nöthig ist, während andere beim Zutritt freien Sauerstoffs nicht zu wachsen vermögen. Die jetzt vorliegenden Erfahrungen drängen nun etwa zu der folgenden etwas abweichenden Auffassung der Rolle des freien Sauerstoffs: die Spaltpilze gleichen darin den Hefepilzen, dass die Gährthätigkeit für ihren Sauerstoffbedarf von grösster Bedeutung ist. Findet nämlich gleichzeitig Gährthätigkeit statt, so kann diese die Sauerstoffzufuhr entbehrlich machen. Unerlässliche Bedingung für das Leben der Spaltpilze ohne Sauerstoff ist also stets gleichzeitige Gährung; vermögen die Spaltpilze keine Gährung zu erregen, oder leben sie zufällig unter solchen Verhältnissen, dass keine Gährung stattfinden kann, so ist zu ihrem Wachsthum freier Sauerstoff durchaus nothwendig. — Um umfangreiche Gährungen auszuführen, sind dann noch einige weitere Bedingungen erforderlich, namentlich z. B. gute N-Nährstoffe (wie bei der gährenden Hefe); so dass gleichzeitig die Existenzfähigkeit ohne Sauerstoff auch von diesen Bedingungen mit abhängig ist.

Es lassen sich nun 3 Gruppen von Spaltpilzen unterscheiden. Einmal solche, deren Entwicklung bisher nur in gährenden Gemischen bei Sauerstoffabschluss beobachtet wurde. Die specifische Gährung findet nur bei fehlendem Sauerstoff statt; und diese Gährungsgemische allein bieten wiederum die Bedingungen zur Entwicklung des Pilzes dar. Zutritt von Sauerstoff hemmt die Gährung und hemmt gleichzeitig die Weiterentwicklung des Pilzes. Diese Art von Spaltpilzen sind dann die eigentlichen Anaërobien; zu ihnen gehört beispielsweise

der Bacillus butyricus. — Man muss jedoch festhalten, dass auch für diese Anaërobien möglicherweise noch Nährmedien gefunden werden, welche ihnen das Wachsthum ermöglichen, ohne dass sie gleichzeitig Gährung erregen; in diesem Falle würden dann jedenfalls auch sie des freien Sauerstoffs bedürfen.

Andere Spaltpilze lassen sich leicht auf nicht gährenden Nährmedien cultiviren; unter bestimmten Bedingungen aber und wenn gährfähige Substanzen vorhanden sind, erregen sie Gährung. Diese Pilze können im letzteren Fall auch ohne Sauerstoffzutritt wachsen; aber Gährung und Wachsthum werden hier durch freien Sauerstoff meist nicht gestört, sondern sogar gefördert. Wachsen sie ohne Gährung auf lediglich nährendem Substrat, so ist natürlich der Zutritt von Sauerstoff für ihr Wachsthum durchaus nöthig. In dieser Weise verhält sich z. B. vermuthlich der Pilz der Milchsäuregährung und zahlreiche andere Gährungspilze.

Ob es endlich drittens Spaltpilze giebt, denen gar keine Gährwirkung zukommt, ist zweifelhaft; vielleicht sind nur die dem specifischen Pilz adäquaten vergährbaren Substanzen noch unbekannt. Jedenfalls aber können diejenigen Spaltpilze, denen bis jetzt keine Gährwirkung zugeschrieben wird, selbstverständlich nur unter Sauerstoffzutritt cultivirt werden (so der Bacillus subtilis). Und an diese stets sauerstoffbedürftigen Spaltpilze schliessen sich noch diejenigen an, welche sogenannte Oxydationsgährungen hervorrufen, d. h. Gährungen, zu deren Zustandekommen der Sauerstoff unerlässlich ist, wie z. B. die Essiggährung. Der Essigpilz kann dementsprechend, mag er in gährendem oder nicht gährendem Gemisch cultivirt werden, stets nur mit Hülfe freien Sauerstoffs wachsen (vgl. unten). Für manche Spaltpilze fehlt es noch an ausreichenden Untersuchungen, um sie schon jetzt mit Bestimmtheit der einen oder anderen Classe einzureihen und so ihr Sauerstoffbedürfniss zu fixiren; einigen ist vermuthlich nur eine gewisse geringe Spannung des Sauerstoffs völlig adäquat.

Ueber die günstigsten Mengenverhältnisse der einzelnen Nährstoffe lässt sich bei dem sehr wechselnden Bedarf, den verschiedene Spaltpilzarten zeigen, wenig allgemein Gültiges sagen. Der Wassergehalt des Nährmediums muss im Allgemeinen ein sehr grosser, die Concentration eine geringe sein. Zersetzliche Substanzen, denen relativ wenig Wasser entzogen wird, können dadurch schon geschützt sein gegen Spaltpilzinvasionen, während sie noch Sprosspilzen und namentlich Schimmelpilzen günstigen Boden bieten. Die Grenze der zulässigen Concentration, die selbstverständlich nach der Art der Nährstoffe variiren muss, ist noch wenig festgestellt; ebensowenig

das Optimum des Wassergehaltes. Dass letzterer im allgemeinen in weiten Grenzen schwanken kann, geht schon daraus hervor, dass Spaltpilze gleich gut auf festweichen Nährböden mit circa 70 % Wasser, in concentrirten Flüssigkeiten mit 15—20 % festen Bestandtheilen und in sehr verdünnten nur Spuren gelöster Stoffe enthaltenden Nährlösungen gezüchtet werden können.

Säure- und Alkaliüberschuss können beide auf Spaltpilze schädlich wirken oder ihre Entwicklung begünstigen; doch ist es namentlich der erstere, der leicht zu einer Störung des Wachsthums führt. Darin besteht demnach für viele Spaltpilze ein wesentlicher Unterschied gegenüber den Schimmel- und Sprosspilzen; und es ist daher in der saueren Reaction des Nährmediums oft ein vortreffliches Mittel geboten, um die Cultur der letztgenannten Pilze gegen das Eindringen zahlreicher Spaltpilzarten zu schützen. Manche, so der Bacillus subtilis, der Milzbrandbacillus u. s. w., sind schon gegen geringen Säureüberschuss sehr empfindlich; aber es giebt auch solche Spaltpilze, welche wie der Bacillus butyricus oder der Essigsäurepilz, stark saure Reaction ohne Schaden vertragen; ja manche gedeihen überhaupt nur bei einem gewissen Säureüberschuss im Nährmedium (so der Bacillus der blauen Milch, der Essigsäurepilz erst von 2 % Essigsäure an). Diesen letzteren ist daher wieder umgekehrt der Alkaliüberschuss schädlich, der im Allgemeinen durchaus keinen so nachtheiligen Einfluss auf die Spaltpilze hat wie die freien Säuren, und der von einigen Pilzen, z. B. von Micrococcus ureae, sogar bis zu ausserordentlich hohen Graden der Alkalescenz vertragen wird. Einige Spaltpilze zeigen eine solche Indifferenz gegenüber der Reaction des Nährmediums, dass sie (wie Ascococcus) auf stark saurem Medium ihre Entwicklung beginnen, dann die Reaction durch ihren Stoffwechsel in eine alkalische verwandeln und nun bei starkem Alkaliüberschuss weiter gedeihen.

3) Sonstige Lebensbedingungen der Spaltpilze. Licht scheint nach den vorliegenden Versuchen nicht zu den allgemeinen Lebensbedingungen der Spaltpilze zu gehören; die von Engelmann neuerdings gemachte Beobachtung, dass eine grüne Bakterienart sich bei O-Mangel im Lichte anhäuft, ist nicht mit Sicherheit auf einen Spaltpilz zu beziehen.[1]) Ebenso ist Elektricität, so weit diese in Frage kommen kann, ohne Einfluss; kräftige elektrische Ströme wirkten hemmend z. B. auf die Entwicklung von Mikrokokkenculturen.[2]) Druckänderungen werden von manchen Spaltpilzen in ausgezeich-

1) Pflüger's Arch. Bd. 26. S. 537. — Botan. Zeitg. 1882.

2) Cohn und Mendelssohn, Cohn's Beiträge. Bd. 3. Heft 1.

neter Weise ertragen, wie dies z. B. für den Bacillus butyricus nachgewiesen ist; ob andere Spaltpilze in dieser Beziehung empfindlicher sind, ist noch unbekannt, da die meisten der angestellten Versuche nur excessive Druckänderungen betrafen, bei denen dann noch andere Factoren mit ins Spiel kommen mussten.

In gewissem Grade scheint Ruhe und Fehlen mechanischer Erschütterungen Lebensbedingung der Spaltpilze zu sein, wenngleich die in dieser Richtung unternommenen Versuche nicht völlig eindeutig sind. Fortgesetzte ruhig fliessende Bewegung der Nährmedien scheint die Entwicklung der Spaltpilze nicht zu hemmen[1]); dagegen wurde beobachtet, dass continuirliche starke Erschütterungen, durch Stösse mittelst eines besonderen Motors hervorgerufen[2]), oder auch durch Schallwellen von hinreichender Intensität, welche durch die Nährlösung hindurch geleitet wurden[3]), die Entwicklung erheblich stören. Neuerdings sind allerdings in einer Versuchsreihe abweichende Resultate erhalten.[4])

Weiter ist eine gewisse mittlere Temperatur Bedingung der Spaltpilzentwicklung. Aber sowohl das Optimum der Temperatur wie deren obere und niedere Grenze liegen bei differenten Spaltpilzarten ganz verschieden und sind ausserdem abhängig von den sonstigen Lebensbedingungen, namentlich von der Beschaffenheit der Nährstoffe. Nach Eidam's Versuchen über die Entwicklung von Bacterium termo in Cohn'scher Nährlösung beginnt diese bei $+ 5^1/_2{}^0$, nimmt mit steigender Temperatur erst langsam, von $+ 10^0$ an rasch zu, erreicht zwischen 30 und 35^0 das Optimum und nimmt dann sehr schnell wieder ab, um bei 40^0 schon völlig aufzuhören.[5]) Für den Essigsäurepilz liegt das Optimum zwischen 20 und 30^0; unter 10^0 geht die Entwicklung mit äusserster Langsamkeit vor sich, über 35^0 nimmt sie ausserordentlich rasch ab, um wenige Grade darüber völlig aufzuhören.[6]) Der Bacillus der Tuberkulose wächst dagegen nur bei einer Temperatur zwischen 30 und 41^0, am besten bei $37-38^0$. Schon aus diesen Beispielen geht zur Genüge hervor, dass die verschiedenen Arten der Spaltpilze hinsichtlich ihres Temperaturbedürfnisses erheblich variiren, und es lässt sich nur gegenüber dem Tem-

1) Hoppe-Seyler, Festschrift u. s. w. Ueber die Einwirkung des Sauerstoffs auf Gährungen. 1881.

2) Horvath, Pflüger's Archiv f. Physiol. Bd. 17.

3) Reinke, Ebenda. Bd. 23.

4) Tumas, Petersburger med. Woch. 1881.

5) Eidam, Cohn's Beiträge. I. 3. S. 209.

6) Mayer, Gährungschemie. S. 178.

peraturbedarf der Schimmel- und Sprosspilze betonen, dass im Allgemeinen die für eine Spaltpilzentwicklung günstigste Temperatur höher wie bei jenen und der Temperatur des menschlichen Körpers näher liegt.

Die Gährthätigkeit spielt bei dem Leben der Spaltpilze vermuthlich dieselbe Rolle wie bei den Hefepilzen. Bei gährfähigen Spaltpilzen scheint dieselbe, sobald eine gewisse Gährungsintensität erreicht ist, das Wachsthum der Gährungserreger zu begünstigen, während andere gleichzeitig vorhandene Spaltpilze in ihrer Entwicklung gehemmt werden. Dadurch äussert eine Gährthätigkeit von bestimmter Intensität dann auch einen bedeutenden Einfluss auf die Concurrenz unter verschiedenen Spaltpilzen und auf das Zustandekommen von Reinculturen.

Im Allgemeinen sind für eine Concurrenz mit Schimmel- und Sprosspilzen die Spaltpilze im Vortheil durch ihre ausserordentlich rasche Vermehrung und durch ihre höchst energische Consumtion des Nährmaterials. Nur wenn einzelne Bedingungen des Nährsubstrats so gewählt sind, dass dieselben auf die Entwicklung der Spaltpilze einen geradezu ungünstigen Einfluss äussern, während sie gleichzeitig den anderen Pilzclassen ungehemmtes Wachsthum gestatten, ist es diesen letzteren möglich, das Nährmedium zu occupiren und die Spaltpilze zu verdrängen. Wie erwähnt, sind namentlich Concentration und Reaction des Nährmediums solche Mittel, durch welche Spross- und Schimmelpilze gegenüber den Spaltpilzen in Vortheil gerathen. — Unter den Spaltpilzen selbst tragen dann die verschiedensten Factoren, namentlich Reaction, Temperatur, aber auch die relative Menge der einzelnen Nährstoffe und speciell der N-haltigen Verbindungen, ferner die Sauerstoffspannung u. a. m. dazu bei, die eine oder die andere Art zum Ueberwiegen und schliesslich zur fast alleinigen Herrschaft gelangen zu lassen.

4) Bedingungen der Sporenbildung und Sporenkeimung. In noch höherem Grade wie die Sprosspilze scheinen die Spaltpilze befähigt, adäquates Nährmaterial zu einfacher Zellvermehrung auszunutzen. Welche Bedingungen hier vorliegen müssen, um die im Ganzen seltene Erscheinung der Sporenbildung hervorzurufen, ist noch nicht völlig aufgeklärt. Der Analogie wegen sollte man vermuthen, dass auch hier eine gewisse Erschöpfung des Nährmediums die nothwendige Einleitung des Actes der Sporenbildung bildete; und in der That scheint das auch in den meisten Fällen zuzutreffen. Scheinbare Ausnahmen sind bis jetzt z. B. bei Bacillus butyricus und bei Bacillus subtilis, bei Milzbrandbacillen beobachtet; jedoch

wurde die directe mikroskopische Beobachtung gewöhnlich in nicht günstigen Nährmedien (Dextrinlösung, hum. aq.) angestellt und bei grösseren Culturen in besseren Nährsubstraten wurde die Sporenbildung nur an der Oberfläche beobachtet, in Schichten, die der Zufuhr frischen Nährmaterials in gewissem Grade entzogen waren. Auch genügt vielleicht das Fehlen oder die Verminderung nur eines besonders wichtigen Nährstoffes, um die Sporenbildung zu veranlassen. Möglicherweise lassen sich also bei weiteren Beobachtungen die Bedingungen der Sporenbildung bei den Spaltpilzen ähnlich denen der Sprosspilze formuliren. Eigenthümlich ist der Einfluss des Sauerstoffs auf die Sporenbildung der Spaltpilze. Während bei Schimmel- und Sprosspilzen der Sauerstoff nothwendig freien Zutritt haben muss, verhalten sich die Spaltpilze in dieser Beziehung verschieden. Die Mehrzahl scheint ebenfalls für den Act der Sporenbildung des Sauerstoffs zu bedürfen; Prazmowski bezeichnet für diese Arten das weitere Symptom als charakteristisch, dass sie im Zustand der Fructification unbeweglich sind. Einige aber — mit Bestimmtheit ist dies von Bacillus butyricus nachgewiesen — fructificiren nur ohne Sauerstoff und bleiben dann auch im Zustand der Fructification beweglich.

Von bedeutendem Einfluss ist auch hier wieder die Temperatur. Von den Milzbrandbacillen hat Koch [1]) festgestellt, dass zur Bildung ihrer Sporen mindestens eine Temperatur von + 16° gehört; und zwar fand dann erst nach 7 Tagen spärliche Sporenbildung statt. Bei 21° waren 72 Stunden, bei 25° waren 35—40 Stunden und bei 30—40° etwa 24 Stunden zur Sporenbildung erforderlich; die schönsten und kräftigsten Culturen wurden zwischen 20 und 25° erhalten.

Ueber die Keimung der Sporen und ihre Bedingungen fehlt es noch an ausreichenden Beobachtungen. Ein gewisser Wassergehalt, eine in ziemlich engen Grenzen schwankende Temperatur werden auch hier als unerlässliche Bedingungen angenommen werden müssen.

Vom Sauerstoff ist constatirt, dass er die Keimung einiger Spaltpilzsporen, so des Bacillus butyricus, geradezu zu hindern vermag; während im Allgemeinen Sauerstoffzutritt für die grösste Mehrzahl der Spaltpilzsporen eben so nothwendig sein wird, wie für die keimenden Sporen der Spross- und Schimmelpilze.

II. Lebensäusserungen der niederen Pilze.

Nachdem die Bedingungen, die zum Leben der Pilze nothwendig sind, und namentlich die Nährstoffe, die sich stets in ihrer Umgebung

1) Mittheilungen a. d. Kais. Ges. Amt. S. 65.

finden müssen, besprochen sind, wird es nunmehr die Aufgabe dieses Abschnittes sein, zu zeigen, wie die Aufnahme der Nährstoffe erfolgt, welche Umwandlungen diese Stoffe im Körper der Pilze durchzumachen haben, in welcher Weise das Wachsthum vor sich geht und wie durch die Stoffumwandlungen die Kräfte gewonnen werden, um die übrigen Leistungen der Pilze zu ermöglichen. Es liegt auf der Hand, dass dieses Thema, welches auch die specielle Thätigkeit der Pilze bei der Gährung und Krankheitserregung zu behandeln und so viel als möglich aufzuklären hat, zu den wichtigsten Capiteln gehört, welche die Lehre von den Pilzen ausmachen.

Der Stoff- und Kraftwechsel der Schimmel-, Spross- und Spaltpilze stimmt in seinen Hauptzügen so weit überein, dass eine durchweg gesonderte Behandlung der drei Classen in diesem Abschnitt nicht nothwendig erscheint; nur an einzelnen Punkten ist auf das abweichende Verhalten der einzelnen Hauptgruppen aufmerksam zu machen.

Vorausgeschickt ist eine kurze allgemeine Uebersicht des Stoff- und Kraftwechsels der niederen Pilze, und zwar in enger Anlehnung an das über die Biologie der höheren Pflanzen Bekannte; sodann sind die einzelnen Phasen der Lebensthätigkeit der Pilze erörtert; zuerst die Assimilirung der Nährstoffe, dann die Stoffumwandlung in den Pilzen und die Kraftleistungen zu denen sie durch jene befähigt werden, und drittens sind die Stoffwechselproducte und Excrete der niederen Pilze wegen ihrer hervorragenden Bedeutung gesondert zusammengestellt. Unter den Producten finden sich verschiedene isolirbare Fermente; und es erscheint daher nothwendig, im weiteren eine Uebersicht über die nicht organisirten, chemischen Fermente und über ihre Bedeutung und Wirkung an die Stoffwechselproducte der Pilze anzuschliessen. — Sodann erfordern noch zwei eigenthümliche und hygienisch besonders wichtige Phasen der Lebensthätigkeit der Pilze eingehendere Besprechung; zunächst die Gährthätigkeit und zweitens ihr parasitäres Auftreten oder die Krankheitserregung.

1. *Uebersicht des Stoff- und Kraftwechsels der niederen Pilze.*

Für das Zustandekommen derjenigen gesetzmässigen Bewegung und Veränderung materieller Theilchen, welche das Leben der Pflanzenzelle ausmachen, bedarf es in erster Linie der Auslösung gewisser Kraftmengen; ohne diese hört jene Bewegung und damit das Leben der Pflanze auf. Ein kleiner Bruchtheil der nothwendigen Betriebskraft wird wohl durch die Osmose gedeckt; der weitaus grösste Antheil der nothwendigen Kräfte wird aber der Pflanze gegeben durch Zerspal-

tung zusammengesetzter chemischer Verbindungen und Ueberführung der Atome in festere Bindungen, also ähnliche Umlagerungen, wie sie auch im thierischen Organismus vor sich gehen und hier die Summe von Energie entwickeln, welche zur Bestreitung der vielfachen Ausgaben des thierischen Haushalts erforderlich sind. Die Aehnlichkeit zwischen dem pflanzlichen und thierischen Lebensprocess wird dadurch nur wenig alterirt, dass die zu zersetzenden Verbindungen vom Thierkörper als solche aufgenommen, von der Pflanze aber erst durch den Chlorophyllapparat aus einfacherem Material aufgebaut werden; gerade bei den niedersten Pflanzen, den Pilzen, fehlt ja jener vorbereitende Appendix, und die Stoffe werden schon in relativ complexen Molekülen aufgenommen; — was aber durchgehends und allen gemeinsam das Leben der thierischen Zelle, der pflanzlichen, und der Pilzzelle ermöglicht, das sind jene mit Freiwerden von Energie verbundenen Zerlegungen complicirter organischer Verbindungen.

Die Zerlegungen erfolgen durch das lebende Protoplasma; letzteres kann wie es scheint einem Fermente ähnlich nach und nach grosse Mengen der geeigneten complicirten Verbindungen zerspalten. Welcher Art die direct den Angriffen des Protoplasmas unterliegenden chemischen Körper sind, und in welcher Weise die Spaltung verläuft, ist noch nicht genau bekannt; vermuthlich sind es den Proteïnstoffen nahestehende, aber wohl noch complicirtere Verbindungen. Als das Product ihrer Spaltung beobachtet man sicher stets Kohlensäure, ferner einige andere unten näher zu erwähnende Stoffe; jedenfalls darf man aus der gleichzeitig frei werdenden — wenn auch geringfügigen — Wärmemenge schliessen, dass im wesentlichen solche Umlagerungen stattfinden, dass eine stärkere Bindung der Atome, eine Sättigung von Affinitäten und damit ein Freiwerden von Energie resultirt.

Dieser ganze Process, der offenbar die primäre und eigentliche Ursache des Lebens ist, wird gewöhnlich als intramolekuläre Athmung bezeichnet. Für dieselbe ist kein Sauerstoffzutritt erforderlich; sondern es ist gerade charakteristisch, dass alle Pflanzenzellen auch ohne Sauerstoffzufuhr eine Zeitlang weiterleben und weiterathmen, CO_2 abspalten und Wärme produciren. Wenn nur im lebendigen Protoplasma noch zersetzungsfähige Stoffe vorhanden sind, so reicht deren Zerspaltung einstweilen noch aus, um die nothwendige Betriebskraft für die sonstigen Bewegungsvorgänge im Protoplasma zu liefern, und erst nach längerer Zeit stellt sich ein Kraftdeficit ein, das zum Aufhören der Bewegungen und des Lebens führt.

Obwohl demnach die intramolekuläre Athmung die primäre, massgebende Ursache der Kraftentwicklung in der Pflanze ist, so reicht die so gewonnene Kraft doch nicht aus, um den ganzen Energiebedarf der Pflanze auf die Dauer zu decken. Dies wird vielmehr erst erreicht, wenn der Sauerstoff freien Zutritt hat und sich an der Athmung betheiligt. Die im Protoplasma zerstörten Verbindungen liefern neben CO_2 eine Reihe solcher Producte, welche sich sehr leicht mit Sauerstoff verbinden. So entstehen umfangreiche Oxydationen und dabei dann eine weit bedeutendere Entwicklung von lebendiger Kraft, welche für die Lebensvorgänge in der Pflanze vollkommen und auf die Dauer ausreicht. Ihre Regulirung findet diese Kraftentwicklung aber selbstverständlich weit weniger in der Menge des zutretenden Sauerstoffs, als vielmehr in jenen Spaltungsvorgängen im Protoplasma, in der intramolekulären Athmung, welche die Sauerstoffathmung erst anregt und beherrscht.

Der gesammte Athmungsprocess, mag er mit oder ohne Sauerstoff vor sich gehen, hat offenbar einen destructiven Charakter; und es wird durchaus nöthig sein, dass eine ständige Zufuhr neuen Materials die Lücken ausfüllt, welche die spaltende Thätigkeit des Protoplasmas und die oxydirende, meist gasige Verbrennungsproducte liefernde Thätigkeit des Sauerstoffs gerissen hat. Da nun aber niemals dieselben Stoffe, welche geeignet sind im Protoplasma zerlegt zu werden, als Nahrungsmittel existiren und aufgenommen werden, muss noch ein besonderer Assimilationsprocess stattfinden, der die Ueberführung der gebotenen Nährstoffe und ihre Umwandlung in die zur Zersetzung geeigneten Verbindungen bewirkt, und der dadurch in einen scharfen Gegensatz zu dem destructiven Athmungsprocess tritt. Gewöhnlich überwiegt der Assimilationsprocess erheblich, und es findet Anlagerung neuer Körpersubstanz, Wachsthum, statt; es ist dies derjenige Theil des Stoffwechsels, der meist allein ins Auge fällt und es leicht übersehen lässt, dass auch ausser für die neugebildete Substanz grosse Mengen von Nährstoffen aufgenommen werden, die der Zersetzung im Protoplasma und der Verbrennung durch Sauerstoff anheimfallen.

In genau derselben Weise wie bei den übrigen Pflanzen verläuft der Stoffwechsel der niederen Pilze. Auch hier haben wir eine fortlaufende Zerstörung organischer Substanz, meist bei Sauerstoffzutritt und dann unter dem Bilde einer vollständigen Verbrennung; auch hier muss eine Assimilirung neuer Nährstoffe das zerstörbare Material zuführen und zugleich dem Bedürfniss des Wachsthums und der Vermehrung Rechnung tragen — wobei es völlig nebensäch-

lich ist, dass der Assimilationsprocess hier ohne Mithülfe eines Chlorophyllapparates verläuft und darum gewisse einfache Stoffe wie die CO_2 nicht als Nährstoffe verwendet werden können. — Wie bei den höheren Pflanzen, werden auch in den niederen Pilzen durch jenen Stoffwechsel gewisse Kräfte frei, die zu den Leistungen dieser kleinsten Organismen, zu ihren Wachsthums- und Bewegungsprocessen, zu der Stoffwanderung und den molekulären Bewegungsvorgängen verwandt werden können.

Freilich ist mit der Erkenntniss dieser principiellen Uebereinstimmung des Stoff- und Kraftwechsels der höheren und niedersten Pflanzen keineswegs eine detaillirte Einsicht in die biologischen Vorgänge bei den niederen Pilzen gewonnen. Nicht einmal darüber ist eine quantitative Vorstellung möglich, wie sich der destructive und der assimilirende Stoffwechsel zu einander verhalten, ob die Assimilation und namentlich die Anlagerung neuer Körpersubstanz in der Regel überwiegt oder ob auch ein wesentlicher Theil der verbrauchten Nährstoffe zur Unterhaltung des destructiven Stoffwechsels zu dienen pflegt. Im Einzelnen werden daher vielfach vorläufige Hypothesen über den Stoff- und Kraftwechsel der niederen Pilze Thatsachen und sichere Resultate ersetzen müssen.

Während das thätige Protoplasma, die intramolekuläre und die Sauerstoffathmung mit ihrer Kraftentwicklung, ferner die Assimilation sehr verschiedenartiger Nährstoffe sowohl den Pilzen wie den höheren Pflanzen zukommt, tritt uns eine wesentliche Differenz beider bezüglich des Verhaltens zum Sauerstoff entgegen. Höhere Pflanzen können diesen, wie erwähnt, für längere Lebensperioden schlechterdings nicht entbehren, weil nur durch die Oxydationsvorgänge eine hinreichende Kraftmenge producirt wird; die niederen Pilze aber können zum Theil lange Zeit ohne Sauerstoffzufuhr leben; jedoch reicht auch dann nicht etwa die intramolekuläre Athmung aus, um ihren Kraftbedarf zu decken, sondern die Entbehrung des Sauerstoffs wird nur so lange ertragen, als ein Surrogat desselben vorhanden ist. Dieses wird durch die Gährung geliefert, bei welcher eine grosse Stoffmenge im nährenden Medium oberflächlich, aber so zerlegt wird, dass dabei eine Summe von Energie frei wird, welche der sonst durch die Oxydationsprocesse gewonnenen ungefähr gleichkommt. Die Gährung vermag somit vicariirend für den Sauerstoff einzutreten, und die Sauerstoffathmung und die Gährthätigkeit sind bezüglich ihrer Wirkung auf die Lebensvorgänge in den niederen Pilzen als gleichbedeutend anzusehen.

Das Wenige, was über den namentlich durch die letztgenannte

Abweichung eigenthümlichen Stoff- und Kraftwechsel der niederen Pilze bekannt ist, lässt sich etwa in den folgenden lückenhaften Ausführungen zusammenfassen, aus denen kaum die Umrisse des Bildes erkennbar sind, welches sich unter dem Einfluss späterer Forschungen wird construiren lassen.

2. *Die Aufnahme und Assimilirung der Nährstoffe bei den niederen Pilzen.*

Da das Eindringen der Nährstoffe bei den Pilzen gerade so wie bei jeder pflanzlichen Zelle mittelst Diosmose durch die Zellhaut und Plasmamembran erfolgen muss, sind selbstverständlich nur diejenigen Stoffe zur Aufnahme geeignet, welche in wässriger Lösung vorhanden und diffusibel sind; wo scheinbar eine Ernährung der Pilze durch feste Substanz erfolgt, da ist eine Lösung durch Secrete der Pilze` vorausgegangen. Namentlich sind an diesem vorbereitenden Processe von den Pilzen ausgeschiedene chemische Fermente betheiligt, die z. B. festes Eiweiss peptonisiren und den Pilzen zugänglich machen oder Cellulose lösen und dadurch den als pflanzlichen Parasiten lebenden Pilzen Eingang verschaffen.

Die chemische Qualität der aufzunehmenden Stoffe kann wie oben ausgeführt wurde, eine sehr verschiedene sein. Schon deshalb ist zu vermuthen, dass eine Umwandlung dieser Stoffe, ein Assimilationsprocess beim Eintritt in die Pilzzellen erfolgen muss, da es keineswegs wahrscheinlich ist, dass jene differenten Verbindungen bezüglich der verschiedenen Functionen innerhalb der Zelle unter einander gleichwerthig sind. Freilich ist die Assimilation des Kohlenstoffs keine so ausgedehnte, wie bei den chlorophyllführenden Pflanzen, und namentlich kann die CO_2 keine Verwendung finden. Wohl aber werden Methylamin, Essigsäure, Alkohol, Benzoësäure, Weinsäure, Leucin u. s. w., wenn sie als ausschliessliche C-haltige Nahrung geboten sind, zweifellos in complicirtere Verbindungen übergeführt; und somit wird das erste Assimilationsproduct mit einem gewissen Verbrauch an Kraft aufgebaut, der sich wohl nicht so hoch beläuft, wie bei der C-Assimilation der grünen Pflanzen aus CO_2, der aber dafür auch nicht durch die von den Sonnenstrahlen gespendete Energie, sondern durch Kräfte gedeckt wird, welche im Innern der Zelle erst durch andere Umlagerungen frei werden müssen. — Welcher Art das erste C-haltige Assimilationsproduct zu sein pflegt, darüber sind einstweilen nur Vermuthungen möglich. Bei höheren chlorophyllführenden Pflanzen beobachtet man deutlich Stärke als eines der ersten Bildungsproducte; bei niederen Pilzen fehlt diese aber

wie es scheint mit wenigen Ausnahmen gänzlich (nur bei einigen Bacillenarten und Leptothrix, vgl. S. 121). Aus der verschiedenen Nährtüchtigkeit der C-Verbindungen lässt sich nach Nägeli vielleicht schliessen, dass das erste Assimilationsproduct aus 3 verketteten C-Atomen besteht, an denen H- und O-Atome hängen, und welche dann mit einem eben solchen Complex von 3 C-Atomen zu einem grösseren Molekül von 6 C-Atomen verbunden sind; je ähnlicher die Nährstoffe diesem hypothetischen Körper sind, um so weniger Schwierigkeiten macht die Assimilirung und um so besser nähren die betreffenden Verbindungen.

Ein weiterer Aufbau betrifft ferner zweifelsohne die N-haltigen Körper; sowohl diejenigen, welche das Protoplasma constituiren, als diejenigen, welche in der intramolekulären Athmung zersetzt werden, sind vermuthlich stets von complicirterem Gefüge als die Nährstoffe. Selbst Peptone haben eine assimilirende Umwandlung zu erleiden, und wo Ammoniaksalze und Amide als einzige N-Quelle zu Gebote stehen, wird ein complicirterer Aufbau und namentlich ein Zusammenfügen mit C-reichen Assimilationsproducten stattfinden müssen. Der verschiedene Kraftaufwand, der zur Constituirung der Assimilationsproducte erforderlich ist, je nachdem das einemal diesen nahestehende Verbindungen oder aber sehr abweichende und viel einfacher zusammengesetzte Körper als Material geboten sind, erklärt auch hier wieder zum Theil die verschiedene Nährtüchtigkeit der in Frage kommenden Verbindungen. Je lebhafter das Wachsthum und die Neubildung von Protoplasma und je heterogener die Nährstoffe sind, um so mehr Kraft wird durch die Athmung disponibel gemacht werden müssen.

Die Salze scheinen ebenfalls durchaus nicht immer aus dem Nährgemisch in derselben Form aufgenommen zu werden, in welcher sie innerhalb der Zellen functioniren. Hier und da werden Umsetzungen und Abscheidungen unter dem Einfluss gebildeter organischer Säuren stattfinden müssen; ferner verbinden sich S, P, Mg, vielleicht auch Ca und K, mit den complicirten Molekülen der proteïnartigen Stoffe des Protoplasmas. Zur Lieferung des Phosphors scheint nur die Phosphorsäure geeignet zu sein; die Paarung mit proteïnähnlichen Körpern muss erst innerhalb der Zelle stattfinden. Alle diese Umsetzungen der anorganischen Stoffe treten aber in Umfang und Kraftumsatz weit hinter denen der organischen Substanzen zurück.

Für die höheren Pflanzen ist es eigenthümlich, dass die Zusammensetzung der Salze ausserordentlich schwanken kann. Oft werden

von den nothwendigen Nährsalzen überschüssige Mengen aufgenommen, so dass die Relation der einzelnen Aschenbestandtheile unter einander sehr wechselnd wird; oft werden auch Elemente aufgenommen, die gar nicht die Bedeutung nothwendiger Nährstoffe haben, und ohne Function die Pflanze passiren oder an verschiedenen Stellen derselben abgelagert werden (so Si, Al, Mn u. s. w.; Kieselsäure zuweilen bis zu 50% der Asche). Ob ein gleiches Verhalten auch bei den Pilzen statthat, ist noch ungewiss; die bisherigen Analysen sind noch zu wenig umfangreich, um in dieser Beziehung sichere Aufschlüsse zu geben.

Da nach NÄGELI's Versuchen Kalium nicht durch Calcium oder Magnesium ersetzt werden kann, spielen Alkalien und alkalische Erden vermuthlich ganz verschiedene Rollen; letztere scheinen nur Einlagerungen im Plasma und in der Zellmembran zu bilden, während die Alkalisalze theilweise in der freien Zellflüssigkeit gelöst sind. Dass auch Natrium und Lithium die Kaliverbindungen nicht zu ersetzen vermögen, liegt vermuthlich nicht in diosmotischen Differenzen, sondern in der geringeren Verwandtschaft des Kalium zum Wasser; man kann vielleicht annehmen, dass die Salze von Na und Li im gelösten Zustande eine Hülle von festgebundenen Wassermolekülen haben, welche sie für Contactwirkungen ungeeignet macht (NÄGELI, l. c. S. 56 ff.).

3. *Stoffumwandlungen und Kraftleistungen der niederen Pilze.*

Die assimilirten Stoffe erleiden innerhalb der Zelle noch eine Reihe von Umwandlungen dadurch, dass sie in der oben schon kurz geschilderten Weise entweder zur Bildung plastischer Stoffe und damit zum Aufbau neuer Zellsubstanz verwandt werden, oder dem destructivem Stoffwechsel anheimfallen, in welchem sie durch die Athmung zerstört und theilweise in solche Stoffe umgewandelt werden, die nicht mehr als Nährmaterial dienen können und als Excrete ausgeschieden werden. Analog dem Stoffwechsel der Thiere haben wir dabei keineswegs anzunehmen, dass alle assimilirten Stoffe zunächst Zellsubstanz bilden und dann erst der Zerstörung anheimfallen, sondern vermuthlich wird nur der kleinere Bruchtheil zum Ersatz zerstörter Zellsubstanz verwandt, ein grosser Antheil verbleibt im Zellsaft und fällt der zerlegenden Wirkung des Protoplasmas anheim, während er im gelösten Zustande mit diesem in Berührung ist; ein sehr wechselnder Theil endlich wird zur Bildung neuer Zellsubstanz verbraucht und deckt so die Anforderungen des Wachsthums und der Vermehrung. Eine genauere Einsicht in

die quantitative Vertheilung dieser Rollen ist aber zur Zeit noch unmöglich. Häufig bleibt es sogar zweifelhaft, ob ein Körper, welchen die Analyse als Bestandtheil der Organismen ermittelt, als plastischer, zu weiteren Functionen geeigneter Stoff aufzufassen ist, oder ob er lediglich als Excret angesehen werden muss. Es kommt vor, dass Substanzen, die durch die intermolekuläre Athmung aus complicirten Stoffen abgespalten und aus den Zellen ausgeschieden sind, noch als Nährmaterial fungiren, und in anderen oder denselben Zellen zur Herstellung plastischer Stoffe verwandt werden können; und hier ist dann die Zurechnung solcher Körper zu den Excreten oder zu den plastischen Stoffen mehr oder weniger willkürlich. Aber diese Schwierigkeit liegt bei den niederen Pilzen in entschieden geringerem Grade vor, als bei den höheren Pflanzen; denn bei den ersteren sind wenigstens die gasförmigen Körper, wie CO_2, sicher als Excrete aufzufassen, während höhere Pflanzen ja auch diese wieder assimiliren können.

Als N-haltige plastische Stoffe haben wir vor allem die ganze Gruppe der proteïnartigen Körper anzusehen; diese sind in Lösung im Zellsaft und dann in Bewegung begriffen, demnächst der Zerlegung im Protoplasma unterliegend, resp. zu Zellsubstanz sich formend; oder aber in nicht gelöstem, einstweilen unbeweglichem Zustand in der Zellsubstanz abgelagert. Auffallenderweise konnte Nägeli constatiren, dass Hefezellen auch Eiweiss und Peptone ausscheiden; und zwar Peptone in nicht gährenden, neutralen oder saueren Nährmedien, Eiweiss in gährenden oder in alkalisch reagirenden nicht gährenden Flüssigkeiten. — Neben den Proteïnstoffen kommen in höheren Pflanzen zahlreiche Amide und Amidosäuren vor, namentlich Asparagin und Glutamin; diese müssen theils als Verläufer, theils als Spaltungsproducte der Proteïnstoffe angesehen werden.

In derselben Weise werden auch in Spross- und Spaltpilzen Amide gefunden, so Leucin, Tyrosin, ferner Guanin, Xanthin, Sarkin. Namentlich bei der sogenannten Selbstvergährung der Hefe treten zahlreiche derartige Verbindungen auf, während Asparagin und Glutamin bis jetzt bei den niederen Pilzen noch nicht nachgewiesen wurden.

Diese Amidokörper sind grösstentheils gute Nährmittel; es ist gerade für niedere Pilze zweifellos, dass aus ihnen allein der N-Bedarf der Pilze gedeckt und die Proteïnstoffe des Protoplasmas aufgebaut werden können, während andererseits ihr Auftreten bei ausschliesslicher Eiweissnahrung resp. bei der Selbstvergährung der Hefe aufs Deutlichste ihre Entstehung durch Zerspaltung proteïnartiger Körper anzeigt. So dienen sie gleichzeitig als plastisches Material und als

Excrete; und es ist bezeichnend für die Sparsamkeit, mit welcher der Haushalt der Pilze bezüglich der N-haltigen Substanzen verfährt, dass bei der Zerlegung derselben meistens wieder benutzbare Reste entstehen.

Ob thatsächlich grössere Mengen der als Stoffwechselproduct entstandenen Amidokörper oder der ausgeschiedenen Peptone wieder von neuen Zellen derselben Pilzcolonie verwendet werden, muss von der Nährtüchtigkeit der entstandenen Verbindungen und ferner von der gleichzeitigen Anwesenheit besser nährender N-Verbindungen abhängen; sind Peptone zugegen, so werden die Amidokörper sich wesentlich als Excrete verhalten, während sie beim Mangel anderer Nährstoffe vicariirend grosse Bedeutung erlangen können; und entstandenes Leucin wird leichter wieder zur erneuten Bildung von Proteïnstoffen verwandt werden, als Kreatin oder Harnstoff.

Selbst diejenigen N-Substanzen, welche leicht in Gasform auftreten, wie Trimethylamin, ferner die Ammonverbindungen, z. B. Ammoniumcarbonat, Schwefelammonium, können nicht ohne Weiteres als Excrete aufgefasst werden. Auch diese können unter sonst günstigen Umständen als ausreichendes N-haltiges Nährmaterial functioniren, und ihre Wiederverwendung als plastisches Material erscheint nicht ausgeschlossen. Demnach würden nur etwa freier N, Nitrokörper, und für einige Classen von Pilzen die Nitrate Verbindungen sein, welchen unter allen Umständen die Bedeutung von Excreten zukäme; und da diese nur unter besonderen Verhältnissen (freier N niemals) vorzukommen scheinen, müsste eigentlich für gewöhnlich eine Ausscheidung excrementitieller N-Producte ganz in Zweifel gezogen und die unwahrscheinliche Annahme gemacht werden, dass eine Pilzcolonie auf Kosten einer kleinen Menge N-haltiger Substanz unbegrenzt lange existiren und sich regeniren kann, indem die Zerlegungsproducte der Proteïnstoffe sich immer von Neuem mit stickstofflosen Complexen zusammenlagern und so neue zerlegbare Proteïnsubstanzen bilden.

Dennoch haben Analysen ergeben, dass eine derartige Stickstoffbilanz in der That nicht statthat. Speciell für Hefe haben die Untersuchungen von Pasteur, Schützenberger, Mayer u. A.[1]) gezeigt, dass die Stickstoffmenge einer Hefe, welche in reiner Zuckerlösung cultivirt wird, allmählich abnimmt, und zwar nicht nur der procentische Gehalt an N, sondern auch die absolute Menge; es müssen

1) Pasteur, Ann. chim. phys. (3). 58. 507. — Schützenberger, Compt. rend. 1874. Vol. 78. — Mayer, Unters. über die alkohol. Gährung. Heidelberg 1869.

dann also nothwendig N-haltige Stoffe als Excrete abgeschieden und in Gasform fortgegangen sein. Diese Analysen müssen jedenfalls noch mit verschiedener Variation wiederholt werden; und es ist von vornherein selbstverständlich, dass die Resultate nicht in allen Fällen übereinstimmend ausfallen können. Vor allem wird oft dadurch ein Stickstoffverlust eintreten, dass eine relativ rasche und massenhafte Bildung flüchtiger N-Substanzen eintritt, und dass dieser die N-Assimilation durch die Zellen nicht das Gleichgewicht hält. Fehlen ferner diejenigen Nährstoffe, welche den Pilzzellen den C zu liefern vermögen, so müssen alle solche N-haltigen Spaltungsproducte als unbrauchbare Excrete fungiren, welche nicht gleichzeitig verwerthbaren C im Molekül enthalten (z. B. Ammoniumsalze, auch Harnstoff, Oxamid); und in solchem Falle wird leicht eine Verminderung der N-Substanz bemerkbar werden, eigentlich aber nur deshalb, weil mit dem C nicht in gleicher Weise sparsam verfahren wird und das fortgesetzte Entweichen C-haltiger Gase eine Erschöpfung an diesem Element herbeizuführen vermag. Endlich gilt allgemein, was oben von den ausgeschiedenen Amiden gesagt wurde; sind reichlich bestnährende N-Substanzen zugegen, so werden weit eher N-haltige Körper mit excrementitiellem Charakter auftreten, und sie werden als schlechtere Nährstoffe von einer weiteren Verwendung ausgeschlossen. Im Nothfall aber bildet ein Theil der N-haltigen Spaltungsproducte vermuthlich immer von Neuem nährtüchtiges Material, so einen seltsamen sparsamen Kreislauf vollendend.

Stickstofflose plastische Stoffe scheinen bei den Pilzen eine weit geringere Rolle zu spielen, als bei den höheren Pflanzen. Die Stärke, die bei diesen in so grosser Verbreitung vorkommt, fehlt bei den Pilzen gänzlich (höchstens mit Ausnahme einiger Bacillen und der Leptothrix). Von sonstigen Kohlehydraten ist in Schimmelpilzen Trehalose und Glycose, bei einigen ferner der den Kohlehydraten gewöhnlich zugerechnete Alkohol Mannit gefunden. Von organischen Säuren bezeichnet man gewöhnlich Weinsäure, Aepfelsäure und Citronensäure als plastische Stoffe, über deren Verbreitung in den Pilzen indessen nichts bekannt ist; wohl aber scheint fettes Oel häufiger Bestandtheil der Zellsubstanz zu sein. Zu diesen beweglichen und insofern dem gelösten Eiweiss entsprechenden Stoffen kommt dann noch die Cellulose, welche sich abgelagert in den Zellen findet und bei Schimmel- und Hefepilzen fast ausschliesslich, bei Spaltpilzen nur in geringer Menge die Zellmembran constituirt (vgl. S. 178). — Alle diese Stoffe werden zum kleinsten Theil in fertiger und brauchbarer Form aus dem Nährmaterial aufgenommen; sondern

für ihre gewöhnliche Entstehung giebt es zwei Möglichkeiten, die vermuthlich häufig beide realisirt sind. Entweder findet ein Aufbau derselben aus einfacheren Verbindungen statt, wie dies z. B. sicher dann der Fall sein wird, wenn relativ einfache Verbindungen (Essigsäure, Alkohol, Leucin) als einzige C-Quelle gegeben sind; oder aber die stickstofflosen plastischen Stoffe entstehen erst durch Zerlegung complicirterer Moleküle und namentlich der Proteïnsubstanzen, und dies ist sogar die einzige Art ihrer Entstehung, wenn Pilze z. B. lediglich mit Peptonen ernährt werden.

Das Schicksal der N-losen Substanzen haben wir uns im Weiteren so zu denken, dass sie theilweise direct zur Bildung von Organtheilen verwandt werden (Cellulose, Fett); theils lagern sie sich mit N-haltigen Molekülen zusammen und liefern so die proteïnartigen Stoffe; theils endlich werden sie, vorzugsweise wohl in der Form von Kohlehydraten, im Protoplasma zerlegt und bei Sauerstoffzutritt weiter zerstört, so wahre Excrete liefernd. Einige können in ähnlicher Weise wie die N-haltigen Derivate bald als plastische Stoffe, bald als Excrete fungiren; z. B. die organischen Säuren, die bei gleichzeitig vorhandener besserer C-Nahrung nicht weiter benutzt zu werden scheinen, während sie in C-armen und sonst geeigneten Nährmedien nicht unbenutzt zur Ausscheidung gelangen. Dann aber giebt es unter den N-losen Bestandtheilen der Pilze auch solche, die als wirkliche Excrete aufzufassen sind und immer als solche functioniren. So vermögen Oxalsäure, Ameisensäure u. s. w. nicht wieder eine Rolle als nährende Verbindungen zu spielen; und namentlich ist die CO_2 für Pilze nicht verwerthbar und daher überall als excrementitieller Stoff anzusprechen. Da nebenbei CO_2 stets von allen Pilzen producirt wird, so liegt in der CO_2-Ausscheidung der weitaus wesentlichste Grund für die allmähliche Verarmung eines Nährgemisches an Nährstoffen. Auch noch einige aromatische Producte scheinen bei dem Stoffwechsel der Pilze in geringer Menge gebildet zu werden, so Phenol, Skatol, Indol u. s. w. Im Allgemeinen sind diese Körper schlechte Nährstoffe und bei einer gewissen Concentration wirken sie sogar giftig und hemmen die Entwicklung der Pilze auch bei der Gegenwart anderer nährender Verbindungen; sie verhalten sich daher meist ebenfalls als wahre Excrete (vgl. S. 202).

Dasjenige Element, welches sich ausser den vorgenannten Stoffen aufs lebhafteste an den im Organismus der Pilze vorgehenden Umsetzungen betheiligt, ist der Sauerstoff. Durch sein Eingreifen kommt erst eine vollständige Verbrennung und damit eine Production von lebendiger Kraft zu Stande, welche zur Bestreitung der Kraft-

leistungen des Organismus ausreicht. Der Oxydation durch Sauerstoff fallen die verschiedensten Atomcomplexe anheim, jedoch wesentlich nur solche, welche unter dem Einfluss der intramolekulären Athmung im Protoplasma entstanden sind und dem Sauerstoff bessere Angriffspunkte bieten, als die in der Nahrung aufgenommenen und durch den Assimilationsprocess gebildeten Stoffe. Die Initiative für den Athmungsvorgang ist dadurch in das Protoplasma gelegt; und dort scheint die hervorragendste Regulirung zu liegen für den Umfang der Athmung und des Sauerstoffconsums. Mit der Energie der Zersetzungen im Protoplasma, und somit auch mit der Lebhaftigkeit der Assimilation und des Wachsthums pflegt die Sauerstoffaufnahme und Sauerstoffathmung Hand in Hand zu gehen, und vermag so dem regeren Stoffwechsel auch eine grössere Summe von Betriebskraft zur Disposition zu stellen. — Gegenüber dem beherrschenden Einfluss der intramolekulären Athmung scheinen äussere Momente die Sauerstoffathmung nur wenig zu alteriren. So ist namentlich der Druck des Sauerstoffs im umgebenden Medium relativ gleichgültig; es wird zwar eine untere Grenze der Sauerstofftension für eine genügende O-Aufnahme existiren; doch liegt dieselbe, wie sich schon nach der Analogie der höheren Pflanzen vermuthen lässt, bedeutend unter dem gewöhnlichen Sauerstoffgehalt der Luft; so sistirte die Keimung von Samen erst bei einem Absinken des Luftdrucks auf 4 cm; und nicht gährfähige Schimmelpilze stellten ihr Wachsthum erst ein in einer CO_2-Atmosphäre, welche $^1/_{500}$ ihres Volumens Luft enthielt (Brefeld). Andererseits konnte erst bei einer Sauerstofftension, die einer Compression der Luft auf 20—40 Atmosphären entsprach, die Entwicklung von Spross- und Spaltpilzen verhindert werden (P. Bert).[1] — Die Temperatur des Nährmediums zeigt sich von erheblicherem Einfluss auf den Umfang der Athmung, aber sie wirkt wiederum nur mittelbar durch Beeinflussung des Protoplasmas und der dort ablaufenden Zersetzungen. Für höhere Pflanzen ist ermittelt, dass mit steigender Temperatur der Umfang der Athmung fortwährend zunimmt, und zwar so, dass die Curve derselben von etwa 0° an steigt bis nahe an die Tödtungstemperatur, um dann plötzlich auf 0 abzusinken. Ob auch für die Mikroorganismen ein ähnliches Gesetz gilt, ist noch nicht festgestellt, aber von vornherein wahrscheinlich.

Fehlt der Sauerstoff, so gehen, wie die Untersuchungen an höheren Pflanzen und namentlich an Früchten ergeben haben, die

---

1) Bert, Compt. rend. 1873. T. 76. — Brefeld, Landw. Jahrb. 3. 24, cit. nach Pfeffer, l. c. S. 380.

Zersetzungen im Protoplasma zwar noch eine Zeitlang fort, aber der Stoffwechsel wird sowohl hinsichtlich der stofflichen Producte als auch bezüglich der Kraftleistungen ein anderer. Atomcomplexe, welche sonst sogleich Verbindungen mit Sauerstoff eingehen, bleiben nach ihrer Bildung bestehen oder gehen Umsetzungen mit anderen Körpern ein, so dass jedenfalls allerlei Producte entstehen, die bei reichlicher Sauerstoffzufuhr nie beobachtet werden. Unter der Mitwirkung des Sauerstoffs werden vorzugsweise CO_2 und H_2O gebildet und neben diesen nur geringe Mengen nicht so vollkommen oxydirter Verbindungen; bei Sauerstoffabschluss beobachtet man nach wie vor eine Production von CO_2, die an sich nicht unbeträchtlich, doch weit hinter der Menge der Athmungs-CO_2 zurückbleibt (282 Grm. Birnen lieferten beispielsweise in 5 Monaten 1762 Ccm. CO_2); aber daneben tritt Alkohol auf, ferner organische Säuren, Ester, zuweilen H.[1]) Dabei wird nur eine sehr geringe Menge von Energie durch die Entstehung dieser Producte aus complicirteren Molekülen disponibel, so dass nur für eine kurze Zeit und unter sonst günstigen Umständen der Bedarf der lebenden Zellen an Betriebskraft gedeckt werden kann.

Bei den Mikroorganismen scheint die intramolekuläre Athmung nur selten rein zur Beobachtung zu kommen; bei dem raschen Stoffwechsel und der grossen Wachsthumsenergie die sie auszeichnet, bedürfen sie umfangreicherer Kraftentwicklungen, als ihnen durch die intramolekuläre Athmung geboten werden kann; und die letztere könnte höchstens zusammen gehen mit einem Stadium der Ruhe und des latenten Lebens, wie es in der That unter besonderen später zu erwähnenden Umständen bei manchen Spaltpilzen vorzukommen scheint. Viele Pilze aber können dennoch lange Zeit ohne O-Zufuhr existiren; nämlich dann, wenn sie hinreichend intensive Gährung in ihrem Nährmedium zu erregen vermögen. Sie sind gerade hierdurch in besonders günstiger Weise für ihre Lebenserhaltung ausgerüstet, indem ihnen noch ein Ersatz und eine Selbsthülfe gewährt ist, wenn der für die Beschaffung der nöthigen Betriebskraft und damit für das Gedeihen und Wachsen so wichtige O ihnen entzogen ist. Sie vermögen unter solchen Umständen die in ihrem Protoplasma ablaufenden Zersetzungen derart zu erweitern, dass eine sehr grosse Menge gährfähiger Substanzen, weit mehr als die Zellen für gewöhnlich in ihrem Innern zu verarbeiten vermögen, oberflächlich zerlegt wird unter Freiwerden von Energie; und diese letztere wird dann

1) Lechartier u. Bellamy, Compt. rend. 1869. T. 69, 1872. T. 75, 1874. T. 79. — Brefeld, Landwirthsch. Jahrb. 1876. — Müntz, Ann. chim. phys. 1876.

von den lebenden wachsenden Zellen benutzt, um ihren Kräftebedarf zu decken. Dabei können die Massen von Substanz, welche der Zerlegung anheimfallen, nicht etwa vollständig verbrannt werden, sondern es resultiren relativ hochconstituirte Producte, die je nach dem Gährmaterial ausserordentlich verschieden ausfallen, und zum Theil denen ähnlich sind, welche bei der ausschliesslichen intramolekulären Athmung zu entstehen pflegen. — Von diesem eigenthümlichen Vorgang der Gährung, der offenbar aus dem Rahmen des Stoffwechsels der Pilze im engeren Sinne heraustritt und in vielen Beziehungen ein ganz eigenartiges Verhalten zeigt, wird in einem der folgenden Capitel ausführlicher die Rede sein.

Der gesammte im Vorstehenden skizzirte Stoffwechsel der Pilze ist nach der quantitativen Seite hin noch so wenig bearbeitet, dass selbst eine ungefähre Schätzung darüber unmöglich ist, in wie weit unter gegebenen Umständen die eine oder die andere Art der dabei ablaufenden chemischen Processe, nämlich die assimilirende oder die destruirende Thätigkeit, überwiegt. Bei der Aufstellung der Bilanz des thierischen Haushalts, namentlich wenn es sich um einen wachsenden zunehmenden Körper handelt, sind wir vor allem bemüht, der Menge der Einnahmen theils die zerstörten Stoffmengen, theils diejenigen Quantitäten gegenüber zu stellen, welche zur Neubildung von Körpersubstanz verwandt sind. Eine ähnliche Rechnung ist bisher für die Pilze nicht ausführbar. Wenn in einem Nährmedium eine Ansiedelung von Pilzen erfolgt, so werden die Nährstoffe aufs rascheste consumirt, es findet eine rapide Vermehrung der Pilze statt, und in den neugebildeten, dem blossen Auge deutlich sichtbaren Colonien von Zellen ist sodann ein grosser Bruchtheil der consumirten Nährstoffe enthalten. Aber ein anderer Bruchtheil ist jedenfalls der Athmung, dem destruirenden Stoffwechsel anheimgefallen; flüchtige Producte sind gebildet und entwichen, andere Excrete sind im Nährmedium gelöst. Oft ist die Elementarzusammensetzung des letzteren völlig verändert, dadurch dass die Stoffwechselproducte Umsetzungen hervorgerufen haben, welche die weitere Nährfähigkeit der restirenden Nährlösung aufheben (Bildung von überschüssiger Säure, oder von alkalischer Reaction mit Ausfällung von Erdphosphaten u. s. w.). Durch eine Analyse des Nährsubstrats gelingt es somit nur sehr schwer, den Antheil der Assimilirung und der Zerstörung zu bestimmen, und es wird noch zahlreicher Arbeiten und Versuchsreihen bedürfen, bis wir in diese quantitativen Verhältnisse des Stoffwechsels der Pilze einen Einblick gewinnen.

Berücksichtigt man lediglich den assimilirenden Stoffwechsel,

so ist schon durch diesen allein die auffallend rasche Consumtion eines Nährmediums (namentlich durch Spaltpilze) erklärlich, sobald man die enorm rasche Vermehrung der Pilze in Rechnung zieht. Wie früher angegeben, darf man annehmen, dass das Auswachsen und die Theilung eines Spaltpilzes in 2 Organismen im Durchschnitt innerhalb einer Stunde statthat; ein einziger Spaltpilz, der in eine Nährlösung ausgesät wird, liefert nach 48 Stunden, falls das Wachsthum schrankenlos in dieser Weise fortgeht, eine Colonie von 256 Billionen Individuen; und diese würden nach Nägeli's Schätzung ein Trockengewicht von etwa 8 Grm. ausmachen, die wesentlich aus eiweissartiger Substanz bestehen. Von da ab müssen in der nächsten Stunde 16 Grm., nach einer weiteren Stunde 32 Grm. der Nährlösung in Pilzsubstanz verwandelt sein; und man kommt im Laufe des 3. Tages, oder wenn man von einer Einsaat ausgeht, die sich nicht auf ein einzelnes Individuum beschränkt, sondern Tausende von vermehrungsfähigen Organismen einführt, zu wahrhaft colossalen Zahlen, die in Wirklichkeit nur deshalb nicht erreicht werden, weil die dichte Zusammenlagerung der Pilze ihre allseitige Berührung mit Nährlösung und ihre freie Entwicklung hemmt.

Was schliesslich den Kraftwechsel betrifft, welcher den Stoffwechsel der Pilze begleitet, so ist über denselben fast nur das bekannt, was sich auf Grund der Analogie der höheren Pflanzen vermuthen lässt. Bezüglich der Krafteinnahme besteht für die niederen Pilze das abweichende Verhältniss, dass fast lediglich die chemischen Umsetzungen, von denen oben die Rede war, Betriebskraft liefern. Für die höheren Pflanzen beschaffen die Lichtstrahlen die zur C-Assimilation nöthige Energie; die chlorophyllfreien Pilze vermögen aber diese Kraftquelle nicht auszunutzen, und die gesammten Assimilationsprocesse erfolgen auf Kosten der durch chemische Zersetzungen frei gewordenen Kräfte.

Der Verbrauch der bei der Athmung gewonnenen Betriebskraft vertheilt sich theils auf die Assimilationsprocesse, theils auf die Fortbewegung der Stoffe; sodann auf die Wachsthumsbewegung und den Keimungsprocess; ferner auf locomotorische Bewegungen; endlich auf Wärme und Lichtproduction. — Ueber die erstgenannten Energie consumirenden Acte ist nichts genaueres bekannt. Für die Wachsthumsbewegung muss namentlich bei den Spaltpilzen oft eine erhebliche Kraftmenge verbraucht werden; intensives Wachsthum wird daher auch stets mit reichlicher Athmung und CO_2-Production einhergehen. Auch zur Sporenkeimung bedarf es eines erheblichen Kraftaufwandes, der den meisten Spaltpilzen nur durch

Sauerstoffathmung, oder in einzelnen wenigen Fällen (Bac. butyricus) durch vicariirende intensive Gährung gewährt wird. Die locomotorischen Bewegungen sind bei den Spaltpilzen Schwimmbewegungen in flüssigen Medien, und sind meist oder immer durch schwingende Cilien vermittelt. Die Art der Bewegung ist eine sehr mannigfaltige (vgl. S. 89), gewöhnlich mit gleichzeitiger Drehung um die Längsachse verbunden; die Energie der Bewegung scheint von der Temperatur und von der Sauerstoffzufuhr in der Weise abhängig zu sein, dass die Verhältnisse, welche die intensivste Athmung veranlassen, auch für die Bewegungsvorgänge am günstigsten sind. Bei Anaërobien, deren Bewegungen bei Sauerstoffzutritt sofort sistiren, muss eine gewisse Gährungsintensität an die Stelle der O-Athmung treten. Ob auch die Spaltpilze ähnlich wie verschiedene Schwärmsporen durch Lichteinwirkung in ihrer Bewegung beeinflusst werden, ist noch nicht mit Sicherheit entschieden (vgl. S. 181).[1]) — Eine andere Form von Bewegungserscheinungen bieten ferner die Gestaltänderungen im Protoplasma, wohin namentlich die tanzende Bewegung der Mikrokokken zu rechnen ist.

Auch eine deutlich wahrnehmbare Wärmeproduction, ähnlich wie bei den höheren Pflanzen, ist an niederen Pilzen beobachtet. Dieselbe ist minimal, wenn nur die intramolekuläre Athmung vor sich geht und weder Sauerstoffzufuhr noch Gährung statthat; in solchem Falle wurde für Hefe (in Wasserstoffgas) ein Temperaturüberschuss von 0,2° über die Temperatur der Umgebung constatirt; bei Luftzutritt steigerte sich der Ueberschuss auf 1,2°; bei Gährung auf 3,9°.[2]) Diese Zahlen haben selbstverständlich nur für die besonderen Verhältnisse Gültigkeit, unter denen sie gewonnen wurden. Auch für Spaltpilze wurde die Temperaturerhöhung des Nährmediums constatirt, freilich vorzugsweise während der Gährwirkung.[3])

Endlich begleitet zuweilen Lichtentwicklung den Lebensprocess von Pilzen. Für einige höhere Pilze, namentlich Agaricusarten, ist diese Erscheinung bereits seit lange bekannt; neuerdings ist auch das Leuchten, welches faulende Fische oder Fleischstücke zuweilen verbreiten, auf niedere Pilze, namentlich Mikrokokken, zurückgeführt, die aber nur dann das Leuchten verursachen, wenn reichliche Sauerstoffzufuhr und nicht zu niedere Temperatur eine möglichst energische Athmung gestatten[4]) (vgl. S. 98).

1) Vgl. Strasburger, Wirkung des Lichts und der Wärme auf Schwärmsporen. 1878. — Engelmann, Botan. Zeitg. 1882.
2) Eriksson, Unters. b. dem botan. Institut in Tübingen 1881. Heft 1.
3) Popoff, Botan. Jahresb. 1875. — Wernich, Organisirte Krankheitsgifte.
4) Pflüger, Arch. f. Phys. 1875. — Lassar, Ebenda. 1880.

4. *Die Stoffwechselproducte der niederen Pilze.*

Die Producte des Stoffwechsels der niederen Pilze erfordern an dieser Stelle noch eine besondere Berücksichtigung, weil unter denselben sich einzelne charakteristische Substanzen finden, die zur Diagnose und zur Erkennung einer Pilzgattung verwerthet werden können, weil sich ferner die principiell wichtigen Fragen nach der Constanz oder Inconstanz gewisser Eigenschaften der Pilze nur auf Grund einer genauen Kenntniss der Producte entscheiden lassen; und weil endlich einzelne dieser Producte, nämlich die löslichen Fermente und die giftig wirkenden Stoffe, besonders bedeutungsvoll für die hier interessirenden Functionen der Pilze sind.

Es ist bereits oben ausführlich erörtert, dass eine strenge Abgrenzung der als Excrete fungirenden Stoffwechselproducte von dem plastischem, noch weiter verwerthbarem Material nicht möglich ist; selbst Eiweissstoffe und Peptone treten ja zuweilen als Ausscheidungen auf. Entsprechend dieser Auffassung ist die Reihe der gelegentlich bei Pilzculturen beobachteten Stoffwechselproducte eine ausserordentlich grosse: Gase wie CO_2, H, CH_4, H_2S, NH_3; ferner Wasser; Schwefel; dann leicht flüchtige Körper, wie Trimethylamin, Alkohol, Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure; fixere Säuren, wie Milchsäure, Aepfelsäure, Bernsteinsäure, Oxalsäure, Weinsäure; Sulfosäuren wie, Taurin, Amide der Fettsäuren, namentlich Leucin, Alanin u. s. w.; Körper aus der aromatischen Reihe, wie Tyrosin, Phenol, Kresol; Reductionsproducte, wie Indol, Hydroparacumarsäure; complicirtere Moleküle, wie Kohlehydrate, Peptone, hydrolytische Fermente; endlich Farbstoffe und alkaloidartige, giftige Substanzen. Je nach der specifischen Art des herrschenden Pilzes und je nach den im Nährmedium gebotenen äusseren Bedingungen treten bald diese bald jene Producte auf, und eine besonders grosse Zahl derselben wird beobachtet, wenn gährende oder faulende Substrate vorliegen. — Für die oben erwähnten Fragen ist eine Classificirung der Excrete nach gewissen Gesichtspunkten besonders wichtig. Man kann eine Gruppe von allgemeinen Stoffwechselproducten unterscheiden, die bei der Cultur aller oder doch zahlreicher Pilze auftreten; und kann diesen die Gruppe der specifischen Producte gegenüberstellen, deren Vorkommen auf eine oder einige Pilzgattungen beschränkt ist. Bei den beiderartigen Producten lässt sich weiter fragen, ob dieselben sich constant, unter allen wechselnden Verhältnissen des Nährmediums einstellen, oder ob sie eventuell fehlen oder gar nur selten, unter ganz bestimmten äusseren Bedingungen vorkommen.

Durch ein allgemein verbreitetes und constantes Vorkommen ist wohl lediglich die CO_2 ausgezeichnet; auch Wasser und ein N-haltiger Körper werden gewiss regelmässig als Zersetzungsproduct auftreten; aber sie kommen nicht in gleicher Weise wie die CO_2 als Excrete zur Beobachtung. Ohne CO_2-Abscheidung scheint der Lebensprocess der niederen Pilze niemals zu verlaufen; wir finden dieselbe stets, wenn auch in sehr verschiedener Menge, einerlei ob nur intramolekuläre Athmung stattfindet, ob Sauerstoff zutritt oder ob Gährung besteht. Die CO_2 ist bei den niederen Pilzen sogar viel eher als Mass des Stoffwechsels zu benutzen, wie bei den höheren Pflanzen, weil hier keine Assimilation der einmal gebildeten CO_2 stattfinden kann. Ob aber andere Umstände, namentlich die Art der Abscheidung der CO_2, nicht den Parallelismus zwischen der Menge der abgegebenen CO_2 und der Energie des Stoffwechsels stören, ist noch fraglich und muss durch weitere Versuche entschieden werden.

Häufig werden ferner verschiedene Fettsäuren und deren Amidverbindungen beobachtet; man findet dieselben in sehr zahlreichen Spaltpilzculturen, auch wenn das Nährmedium ursprünglich nichts von diesen Körpern enthielt, einerlei ob Gährung oder einfache Consumtion des Materials vorhanden war. — Eine weitere Verbreitung nimmt man ferner an für gewisse aromatische Producte, wie Phenol, Parakresol. Dieselben sind bis jetzt freilich nur in Culturen von Spaltpilzen nachgewiesen, in denen Gährungsvorgänge stattfinden; es ist noch fraglich, in wie weit bei der einfachen Sauerstoffathmung der Spaltpilze solche Producte gebildet werden, und ob ausser den Fäulnissorganismen auch andere nicht gährungserregende Pilze sich ebenso verhalten. Ausserdem ist die quantitative Seite dieser Frage noch wenig berührt, so dass über die Menge der unter verschiedenen Umständen gebildeten Benzolderivate nichts bekannt ist. Genauere Kenntnisse über diese Verhältnisse wären aber namentlich deshalb von besonderer Wichtigkeit, weil die aromatischen Stoffwechselproducte vielleicht eine sehr bedeutungsvolle Rolle spielen, zu welcher sie durch ihre desinficirenden Eigenschaften befähigt sind. Zusatz von Phenol oder den verwandten Körpern, Kresol, Skatol, vermag schon in relativ geringer Menge die Entwicklung von Bakterien zu hemmen; man hat daher vermuthet, dass die Production dieser Stoffe durch die Spaltpilze den Effect haben kann, die weitere Entwicklung der eigenen Cultur zu hemmen resp. auf die gebildeten Organismen schwächend zu wirken. Man verweist dabei gern auf das ähnliche Verhalten einiger anderer Pilze; so hemmt bekanntlich bei der Alkoholgährung der gebildete

Alkohol schliesslich die Lebensthätigkeit der Hefezellen; ferner werden die Pilze der Milchsäure- und der Essiggährung, der Mikrokokkus der ammoniakalischen Harngährung durch ein Uebermass der gebildeten Producte in ihrer Entwicklung beeinträchtigt (vgl. S. 98). Aber es ist noch fraglich, ob die Analogie der aromatischen Stoffwechselproducte mit den bei den genannten Gährungen auftretenden Stoffen eine vollkommene ist. Bei den letzteren tritt die Hemmung jedenfalls immer erst in einem sehr späten Stadium ein, nachdem die Entwicklung und Vermehrung der Pilze einen sehr hohen Grad erreicht hat (der Alkoholgehalt kann auf 14 %, der Gehalt an Ammoniumcarbonat auf 13 % steigen); und dann sind alle diese Wirkungen bisher nur bei Gährungen beobachtet, nicht aber bei dem ohne Gährwirkung verlaufenden Stoffwechsel der Pilze. Es bleibt daher eine Präcisirung unserer Anschauungen über die Bedeutung der aromatischen Stoffwechselproducte noch abzuwarten.

Einigermassen zweifelhaft ist die Stellung einer wichtigen Classe von Stoffwechselproducten der Pilze, nämlich die der löslichen, sog. chemischen Fermente. Auf die Bedeutung und Wirkungsweise dieser wird im nächsten Capitel ausführlicher einzugehen sein; hier sei nur das erwähnt, dass wir bei niederen Pilzen zahlreiche verschiedenartige Fermente finden, so ein peptonisirendes, welches Eiweiss löst; dann ein Cellulose lösendes; ferner das Invertin, welches den Rohrzucker in Glycose verwandelt; weiter ein Ferment, welches Milchzucker in Glycose überführt, und vermuthlich noch andere auf die Gruppe der Kohlehydrate wirksame Fermente; vielleicht endlich noch eins, welches Fett und Glycoside spaltet. In welcher Verbreitung aber diese Fermente bei den verschiedenen Pilzen vorkommen, darüber ist noch wenig bekannt. Peptonisirende Kraft scheint jedenfalls einer Reihe von Spaltpilzarten zuzukommen; Invertin hat man in der Hefe, vielen Spalt- und einigen Schimmelpilzen gefunden, in manchen Schimmelpilzen, z. B. Mucor, aber entschieden vermisst. Dass aber auch manche Fermente als specifisch und charakteristisch für einzelne Pilze demnächst erkannt werden dürften, dafür sprechen die analogen Erfahrungen bei den höheren Pflanzen. In diesen finden sich zwar einige Fermente, wie Diastas, in weiter Verbreitung, andere aber, z. B. das peptonisirende Ferment und namentlich dasjenige, welches in alkalischer Lösung wirksam ist, scheint nur auf einzelne wenige Arten (Carica papaya) beschränkt und für diese charakteristisch zu sein.

Weit stärker ist der specifische Charakter ausgeprägt bei den von manchen niederen Pilzen abgesonderten alkaloïdartigen

Stoffen. Für ihr specifisches Vorkommen spricht vor allem wieder die Analogie mit höheren Pflanzen und namentlich mit höheren Pilzen, von welch letzteren es bekannt ist, wie streng die manchen unter ihnen zukommenden giftigen Eigenschaften nur an einzelne bestimmte Arten gebunden sind. Dass auch Spaltpilze toxisch wirkende Substanzen produciren, wurde zuerst aus den zahlreichen Infectionsversuchen mit fauligen Substanzen erkannt. Ferner hat man schon früh vermuthet, dass die Fälle, in welchen Wurst, Fische oder andere Nahrungsmittel eigenthümliche toxische Wirkung gezeigt haben, auf eine Production von Giften durch angesiedelte Spaltpilze zurückgeführt werden müssen. Später gelang es, aus Fäulnissgemischen einen alkaloïdartigen Körper, das Pepsin, zu isoliren; und neuerdings haben Selmi [1]) u. A. aus faulenden Leichentheilen, faulendem Eiweiss u. s. w. mehrere sogenannte Cadaveralkaloïde oder Ptomaïne dargestellt. Selmi fand in mehreren derartigen Versuchen eine flüchtige und mehrere fixe, krystallinisch zu erhaltende Basen, die stark giftig wirkten. Von den gewöhnlichen Pflanzenalkaloïden sollten sich die Ptomaïne dadurch unterscheiden, dass sie Ferridcyankalium zu Ferrocyankalium zu reduciren vermögen; jedoch sind diese Angaben nicht bestätigt. [2]) (Selmi hat dann auch aus normalem menschlichen Harn und ebenso aus pathologischen Harnen verschiedene giftige Basen erhalten, eine fixe und zwei flüchtige dem Nicotin und dem Coniin ähnliche, so dass also auch eine Production dieser Gifte durch die Zellen des Körpers angenommen werden müsste.) — Alle diese Beobachtungen sind deshalb noch ungenügend und müssen durch weitere Versuche ergänzt werden, weil dieselben stets an Gemengen der verschiedensten Pilze gemacht wurden, so dass die Zugehörigkeit der gefundenen Alkaloïde zu besonderen Arten von Spaltpilzen nicht constatirt werden konnte. Weitere Untersuchungen müssen namentlich mit Reinculturen von Pilzen vorgenommen werden, und dann erst lässt sich die Frage entscheiden, ob auch bei den niederen Pilzen dieselbe specifische Art der Verbreitung statthat, die wir bei den höheren Pilzen beobachten. Diese Frage hat noch eine besondere Bedeutung dadurch, dass das Verhalten einiger krankheitserregender Spaltpilze zu der Anschauung zu führen geeignet ist, dass die eigenthümliche Wirkungsweise dieser Pilze gerade durch eine Absonderung von alkaloïdartigen Producten zu Stande kommt und dass darin die pathogenen

---

1) Selmi, Sulle ptomaïne od alcaloidi cadaverici ... Bologna 1878.

2) Brouardel & Boutmy, Compt. rend. 92. 1056. — Tanret, Ibid. 92. 1163. — Pietro Spica, Gaz. chim. ital. 11. 486. — Selmi, Atti dei Lincei. 5. 117, 300.

Eigenschaften mancher Infectionserreger ihre eigentliche Erklärung finden.

Den entschiedensten specifischen Charakter tragen die Farbstoffe, die von verschiedenen niederen Pilzen producirt werden. Die oben näher beschriebenen Farbstoffe der Rosahefe, der Pigmentmikrokokken, das Bacillus der blauen Milch und vieler anderer Spaltpilze werden bei derselben Gattung von Pilzen stets in derselben Nüance beobachtet; niemals konnte bisher eine gelegentliche Farbstoffproduction durch andere Pilze und ebensowenig eine Aenderung der Farbstoffproduction bei Pigmentpilzen constatirt werden. Wo scheinbar in Culturen pigmentbildender Pilze eine andere Färbung auftritt, da lassen sich immer Verunreinigungen und Ueberwucherungen durch andere Pilze als Grund des unreinen Farbentons nachweisen. — Dies specifische und für die Art charakteristische Auftreten der Farbstoffe kann nicht überraschen, da bei den höheren Pflanzen ähnliche Verhältnisse vorliegen, und z. B. die wenigen den Indigo liefernden Pflanzenfamilien ihr werthvolles Product eben so streng für sich reserviren.

Als specifische Producte haben wir ferner bis zu einem gewissen Grade die Stoffe anzusehen, welche durch einige Gährungen gebildet werden. Die Bildung von Milchsäure, von Buttersäure, von Gummi und Mannit (bei der schleimigen Gährung), von Essigsäure, von verschiedenen anderen organischen Säuren, von Alkoholen u. s. w., sind als specifische Leistungen bestimmter Pilze anzusehen, sobald man namentlich die Quantität der gebildeten charakteristischen Producte betrachtet und das für die Gährung erforderliche Material berücksichtigt. Geringe Mengen von Alkohol, Essigsäure u. s. w. werden zwar auch bei dem Stoffwechsel anderer Pilze gefunden; aber als massenhaft entstehende Gährproducte scheinen sie nur unter dem Einfluss bestimmter niederer Pilze zu entstehen; für diese bilden sie exquisit physiologische Leistungen und gehen Hand in Hand mit dem besten Gedeihen der Pilze. Der Nachweis dieser specifischen Gährungen ist zwar noch für wenige Organismen mit aller Sicherheit erbracht, da bei den verschiedenen Gährversuchen gewöhnlich Gemenge von Pilzen vorhanden waren; jedoch sind in neuerer Zeit bereits mehrere Versuche mit besonderer Würdigung dieses Gesichtspunkts z. B. von Fitz, Prazmowsky u. A. ausgeführt (vgl. in den folgenden Abschnitten).

Einige seltener vorkommende Stoffwechselproducte schliessen sich entsprechend der Art ihres Vorkommens den vorstehend aufgezählten an. So zeigen einige Kohlehydrate zuweilen ein speci-

fisches Verhalten; nach den Versuchen von Müntz[1]) enthielt Penicillium glaucum stets Mannit und keine Trehalose, wenn ihm Weinsäure, Glycosen, sonstige Kohlehydrate oder Fruchtsäuren als Nahrung geboten waren; dagegen bildete Mucor mucedo unter gleichen Umständen stets Trehalose; und andere Pilze bildeten neben Mannit und Trehalose noch Glycose. Auch die eigenthümliche Stärkebildung in den mit Jod sich blaufärbenden Spaltpilzen ist hierher zu rechnen. Ferner gehört die S-Abscheidung in den rothen Fäulnissorganismen und in Beggiatoa zu den auf wenige Arten beschränkten specifischen Stoffwechselproducten.

Sind nun alle diese mehr oder weniger specifischen Stoffwechselproducte constante Begleiter der betreffenden Pilze, oder treten sie in denselben nur gelegentlich unter dem Einfluss einer bestimmten Composition des Nährmediums und bestimmter äusserer Bedingungen auf? Es ist klar, dass die eigentliche Bedeutung und namentlich die diagnostische Verwerthung der specifischen Producte erst von der Entscheidung dieser Frage abhängen muss.

Im Ganzen beobachtet man bei den Pilzen wie bei den höheren Pflanzen ein erhebliches Variiren der Stoffwechselproducte je nach den äusseren Bedingungen. Es ist hier z. B. zu erinnern an den bedeutenden Einfluss des Zutritts oder des Fehlens von Sauerstoff auf die Art der gebildeten Stoffe; ferner ist die Zusammensetzung des Nährmediums, das Vorwiegen der N-haltigen oder N-losen Substanzen bestimmend für das Mengenverhältniss, in denen die verschiedenen gewöhnlich beobachteten Producte auftreten. Endlich veranlassen zuweilen abnorme Veränderungen oder mehr zufällige Beimengungen des Nährmediums das vorübergehende Auftreten ungewöhnlicher Producte. Bei höheren Pflanzen beobachtet man in diesem Sinne die massenhafte Bildung von Amiden beim Fortfall der C-Assimilation; ferner die Bildung von Benzoësäure, wenn den Pflanzen Hippursäure als N-haltiges Nährmaterial geboten wird. Und ebenso vermögen z. B. Schimmelpilze zufällig vorhandene Gallusgerbsäure in der Weise zu verarbeiten, dass Gallussäure und Glycose gebildet wird. — Vermuthlich werden ausgedehntere derartige Versuche noch viele derartige, lediglich durch Abweichungen des Nährmediums bedingte und mit der Aenderung des Nährmediums wieder verschwindende Stoffwechselproducte der Pilze kennen lehren.

Im Gegensatz zu diesen zeigen nun aber die meisten der oben erwähnten specifisch vorkommenden Stoffe ein entschieden constantes Verhalten.

1) Annal. chim. phys. 1876.

Namentlich bei den Farbstoff bildenden Spaltpilzen beobachtete man bisher niemals ein Aufhören oder eine wesentliche Abnahme der Farbstoffproduction; zuweilen erhält man Culturen, die in der äusseren Form denen der Pigmentbacterien gleichen, aber farblos oder missfarbig sind und den Eindruck machen, als hätten die Pilze ganz oder theilweise die Farbstoffbildung verloren. Die mikroskopische Analyse ergiebt aber in solchen Fällen stets eine Verunreinigung mit anderen Spaltpilzen, welche die Pigmentbacterien theilweise oder völlig überwuchert und verdrängt haben.

Auch die specifischen Gährproducte, ferner die erwähnten seltener vorkommenden Kohlehydrate, der abgeschiedene S, scheinen regelmässig bei den betreffenden Pilzen gefunden zu werden; das gleiche gilt vermuthlich für die specifischen löslichen Fermente und für die alkaloidartigen Stoffe. Bezüglich der letzteren liegen allerdings für die niederen Pilze noch keine ausreichenden Erfahrungen vor; aber auch hier lässt sich ein Urtheil bilden nach der Analogie der höheren Pflanzen und Pilze, bei denen die ähnlichen Producte constante Merkmale der Art bilden.

Nur unter seltenen eigenthümlichen Bedingungen hat man Ausnahmen von der Regel beobachtet und hat einen Verlust der specifischen Producte constatiren können. So kann man bei den Bac. butyricus, einem gährungserregenden Pilz, durch 5stündiges Erhitzen auf 90° oder 7stündiges Erhitzen auf 84° bewirken, dass derselbe sein specifisches Gährvermögen verliert und in dem sonst geeignetem Material nicht mehr wie früher die charakteristischen Producte zu bilden vermag, obwohl er sich dort noch vermehrt (Fitz). Ferner kann man für die Möglichkeit eines Verlustes der Alkaloidproduction die an höheren Pflanzen gemachten Beobachtungen anführen, wonach z. B. der Schierling bei der Cultur in ungeeignetem Boden nur noch geringen Gehalt an Coniin zeigt. Ob es hier zu einem vollständigen Fehlen des Giftstoffes kommen kann, ist freilich noch nicht entschieden. Für eine entsprechende Einbusse der niederen Pilze an giftigen Eigenschaften sprechen weiter gewisse Beobachtungen über die Wirkung der Krankheitserreger, die in einem späteren Capitel ausführlich mitzutheilen sein werden. — Der späteren Darstellung muss auch die nähere Würdigung der hier zusammengestellten Thatsachen für die Lehre von der Constanz der Arten der niederen Pilze vorbehalten werden.

5. Die isolirbaren Fermente.

Fermente definirt man gewöhnlich als complicirte, organische, leicht veränderliche Stoffe, welche innerhalb bestimmter Tempera-

turgrenzen relativ grosse Mengen anderer organischer Stoffe derart umzuwandeln vermögen, dass Körper entstehen von zusammen geringerer Verbrennungswärme als den vorher vorhandenen Stoffen zukam. Ausserdem vermögen sie sämmtlich Wasserstoffsuperoxyd zu zerlegen.

Solche Fermente spielen bei physiologischen Processen, namentlich bei der Ernährung der Organismen, eine bedeutsame Rolle. Sie haben hier, allgemein ausgedrückt, das Vermögen, Stoffe, welche als solche nicht in den Organismus eintreten noch in demselben functioniren können, so umzuwandeln, dass sie löslich, diffundirbar und als Nährstoffe verwendbar werden. Unlösliches Eiweiss wird in Pepton, Stärke und Cellulose in lösliche Dextrose verwandelt; Fett wird gespalten; der nicht in Protaplasma zerlegbare Rohrzucker wird zur leicht zersetzlichen Glycose. Die höchst organisirten Thiere bedürfen dieser Fermente so gut wie die niedersten Geschöpfe; erstere sondern dieselben in besonderen drüsigen Organen ab, aber auch bei den niederen Pilzen, an denen wir keine Organe mehr unterscheiden können, sind nichtsdestoweniger Fermente ein weit verbreitetes und zur Ernährung nothwendiges Stoffwechselproduct.

Bei der Wirkungsweise dieser Fermente ist das auffälligste das, dass eine relativ kleine Menge derselben ausreicht, um eine grosse Quantität des zu zerlegenden Körpers umzuwandeln; die ganze chemische Action scheint daher zu verlaufen, ohne dass das Ferment selbst in Mitleidenschaft gezogen und verändert wird. Dieser Umstand hat eben die Bezeichnung „Fermente“ für die in Rede stehenden chemischen Körper veranlasst und die durch sie angeregten Processe in eine Classe mit den Gährungs- und Fäulnissvorgängen setzen lassen. Ja manche Forscher sehen es sogar als wahrscheinlich an, dass noch sämmtliche Gährungsprocesse demnächst auf solche isolirbare chemische Fermente zurückgeführt werden, und glauben, dass dann erst ein eigentliches Verständniss der Vorgänge bei der Gährung möglich sein werde.

Die bisherigen Untersuchungen zwingen uns indessen zu der Annahme, dass die eigentlichen Gährungen und die Wirkungen der isolirbaren, chemischen Fermente von einander ganz verschieden sind, so dass beide getrennt behandelt werden müssen. Wohl aber pflegen die chemischen Fermente bei vielen complicirteren Gährungs- und Fäulnissvorgängen mit betheiligt zu sein, und bei der Ernährung und dem Leben vieler Gährungserreger spielen sie eine wesentliche Rolle. Aus diesem Grunde bedürfen die chemischen Fermente auch an dieser Stelle einer näheren Betrachtung.

Wir unterscheiden folgende Arten von isolirbaren Fermenten:

1) Diastatische Fermente, welche auf Körper aus der Gruppe der Kohlehydrate wirken und diese in Glycose überführen. Dahin gehört die in den Pflanzen ausserordentlich weit verbreitete Diastase, welche in den verschiedensten Pflanzenorganen und in besonders grosser Menge in keimender Gerste, im Malz, gefunden wird. Sie verwandelt Stärke in Glycosearten (Maltose, Dextrose), und zwar nicht in alkalischer, wohl aber in schwach saurer Lösung. Sie scheint auch einigen Spaltpilzen, so dem Bac. butyricus zuzukommen, da dieser auf Kosten von Stärke zu leben vermag. Uebrigens existiren vielleicht mehrere verschiedene Arten von Diastase, die sich durch die Art ihrer Wirkung und ihr Vorkommen unterscheiden. — Ferner gehören zu den diastatischen Fermenten die im Thierkörper sehr verbreiteten ähnlich wirkenden Körper, so das im Speichel enthaltene Ptyalin und ein Ferment des Pankreassaftes, die bei alkalischer Reaction Stärke in Glycose verwandeln; dann das auf Glycogen einwirkende, namentlich in der Leber enthaltene Ferment. — Ein wichtiges anderes Ferment dieser Gruppe ist das Invertin, welches Rohrzucker in Glycosen (Dextrose und Lävulose) überführt. Dasselbe ist in höheren Pflanzen noch nicht nachgewiesen, obwohl man es auch in diesen vermuthen darf; dagegen findet es sich regelmässig in der gewöhnlichen Hefe, ferner auch in vielen Spalt- und Schimmelpilzen (z. B. Penicillium, Aspergillus, nicht dagegen in Mucor [1])), welche Rohrzucker als Nährmaterial verwerthen können. — Endlich haben wir in vielen Spaltpilzen, welche Cellulose zu lösen vermögen (vgl. Bac. amylobacter, S. 121), ein Ferment anzunehmen, das die Cellulose in Glycose überführt — eine Leistung, die bis zu einem gewissen Grade auch der Diastase zugeschrieben werden muss, da die Cellulosehüllen der Stärkekörner der Umwandlung derselben keinen Widerstand entgegensetzen —; und einigen Spaltpilzen kommt die Fähigkeit zu, Milchzucker in Glycose zu verwandeln.

2) Die zweite Gruppe bilden die peptonisirenden Fermente, welchen die Aufgabe zufällt, die Eiweissstoffe in lösliche diffusibele Form überzuführen. Ausser den hierher gehörigen Fermenten des Magensafts und des Pankreassecrets kommen auch in Pflanzen ähnlich wirkende Körper in ziemlicher Verbreitung vor; so das aus Carica papaya dargestellte Papaïn, das wie der pankreatische Saft in alkalischer Lösung wirksam ist, dann ein pepsinähnliches, bei saurer Reaction wirkendes Ferment in den fleischverdauenden Pflanzen und

1) Gayon, Bull. soc. chim. 35. 58.

in Aethalium septicum. Namentlich aber müssen wir peptonisirende Fermente auch als regelmässiges Secret vieler Spaltpilze annehmen, von denen es feststeht, dass sie coagulirtes Eiweiss löslich zu machen und auszunutzen vermögen. — Zu dieser Gruppe mögen auch noch die in ihrer Wirkung etwas abweichenden Fermente gerechnet werden, welche die Käsebildung in der Milch veranlassen: das Lab und das in der Ziegenmilch von Meissner (Lit. 118) nachgewiesene, vielleicht in Zellen der Milchdrüse enthaltene Ferment, durch welches die Gerinnung dieser Milch bei Abschluss von Spaltpilzen und bei neutraler Reaction erfolgt. Auch bei einigen Spaltpilzen soll sich ein solches labartiges Ferment finden.[1])

Von geringerem Interesse sind 3) die Gruppe der Glycoside spaltenden Fermente. Dieselben wirken auf solche Körper, welche durch ätherartige Zusammenlagerung zweier Componenten, also unter Wasserabscheidung, entstanden sind, wobei der eine Component Glycose war. Durch die Fermentwirkung wird Wasser aufgenommen und das Molekül in die ursprünglichen Componenten gespalten; es wird also jedenfalls Glycose und ausserdem ein sehr verschiedenartig ausfallender anderer Körper gebildet. Das bekannteste Beispiel dieses Processes ist die Einwirkung des Ferments Emulsin auf Amygdalin, ferner die des Myrosins auf myronsaures Kalium; eine ähnliche Zerlegung kennt man für das Salicin, das Arbutin, das Coniferin, die Gerbsäure und verschiedene andere Glycoside. Dabei ist es noch nicht sicher gestellt, ob mehrere Glycoside durch dasselbe Ferment, wie z. B. Emulsin, zerlegt werden, oder ob auch hier durchweg specifische Fermente anzunehmen sind; auch über das Vorkommen solcher Fermente in den niederen Pilzen ist nichts genaueres bekannt; 4) ein Ferment, welches die Fette in Fettsäure und Glycerin spaltet, soll im Pankreassecret enthalten sein und findet sich vermuthlich auch in manchen Pflanzen und in niederen Pilzen; 5) ein Ferment, welches gewisse Amidverbindungen unter Wassereinlagerung spaltet und in manchen Spaltpilzen enthalten sein muss; Harnstoff wird so in Ammoniumcarbonat, Hippursäure in Glycocoll und Benzoësäure verwandelt; nur der erstere Vorgang ist jedoch bis jetzt sicher auf ein isolirbares chemisches Ferment zurückgeführt, von dem es zweifelhaft ist, ob dasselbe nur vom sogenannten Micr. ureae oder auch von anderen Spaltpilzen secernirt wird (Lit. 80 ff.).

Alle hier aufgezählten Fermente werden zwar von Organismen oder Organen producirt, aber lassen sich von diesen trennen, isolirt

---

1) Duclaux, Compt. rend. Vol. 91. p. 731.

darstellen und zeigen auch dann ihre eigenthümliche Wirkung. Freilich ist es selten gelungen, die Fermente rein zu erhalten. Man gewinnt sie gewöhnlich dadurch, dass man sie aus ihren Lösungen durch Fällungsmittel, wie Alkohol, oder durch absichtlich hervorgerufene Niederschläge mit zu Boden reisst und dann aus dem Niederschlag mit Lösungsmitteln auszieht; dabei bleiben aber stets Spuren anderer Stoffe mit den Fermenten vermengt. Die Analysen der so erhaltenen Körper können daher keinen Anspruch auf grosse Genauigkeit machen, geben aber doch ein ungefähres Bild von ihrer Zusammensetzung. Man fand beispielsweise folgende Zahlen[1]):

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Stickstoff	Schwefel	Asche
Diastas . . .	45,7	6,9	4,6	—	6,1
Invertin . . .	40,5	6,9	9,5	—	—
Emulsin . . .	48,8	7,1	14,2	1,3	—
Papaïn . . .	52,2	7,1	16,4	—	—

Auch eine völlige Befreiung der isolirten Fermente von etwa anhaftenden Spaltpilzen ist schwer durchzuführen, und das Studium ihrer speciellen Wirkungen ist nur dann möglich, wenn man die durch das etwaige Eindringen von Pilzen gegebene Fehlerquelle hinreichend berücksichtigt.

Die Art ihrer Wirkung lässt sich allgemein dahin characterisiren, dass sie **hydrolytische Spaltungen** hervorrufen; die zerlegbaren Substanzen werden sämmtlich unter Aufnahme von einem oder mehreren Molekülen Wasser in 2 oder mehr Moleküle gespalten. Die wichtigsten der oben angeführten Fermentwirkungen sind folgende:

1) **Diastas**: . . $\underset{\text{Stärke}}{C_{24}H_{40}O_{20}} + 3\,H_2O = \underset{\text{Dextrin}}{C_6H_{10}O_5} + 3\,\underset{\text{Dextrose}}{C_6H_{12}O_6}$

oder nach neueren Anschauungen:

$$\underset{\text{Stärke}}{C_{36}H_{62}O_{31}} + 2\,H_2O = 2\,\underset{\text{Dextrin}}{C_6H_{10}O_5} + 2\,\underset{\text{Maltose}}{(C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O)}$$

2) **Invertin**: . . $\underset{\text{Rohrzucker}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O = \underset{\text{Dextrose}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Lävulose}}{C_6H_{12}O_6}$

3) **Emulsin**: . . $\underset{\text{Amygdalin}}{C_{20}H_{27}NO_{11}} + 2\,H_2O = 2\,\underset{\text{Dextrose}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Bittermandelöl}}{C_6H_5 . COH} + \underset{\text{Blausäure}}{CNH}$

$$\underset{\text{Salicin}}{C_{13}H_{18}O_7} + H_2O = \underset{\text{Dextrose}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Saligenin}}{C_6H_4 . OH . CH_2OH}$$

$$\underset{\text{Coniferin}}{C_{16}H_{22}O_8} + H_2O = \underset{\text{Dextrose}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Coniferylalkohol}}{C_6H_3\begin{Bmatrix} O . CH_3 \\ OH \end{Bmatrix}C_3H_4 . OH}$$

4) **Myrosin**: . . $\underset{\text{Myronsaures Kalium}}{C_{10}H_{18}NS_2O_{10}K} = \underset{\text{Dextrose}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{saures Kaliumsulfat}}{SO_4HK} + \underset{\text{Senföl}}{CNS . C_3H_5}$

5) **Harnferment**: $\underset{\text{Harnstoff}}{CO . NH_2 . NH_2} + 2\,H_2O = \underset{\text{Ammoniumcarbonat}}{CO_3(NH_4)_2}$

1) Vgl. Mayer, Die Lehre von den chemischen Fermenten. Heidelberg 1882.

Für die peptonisirenden Fermente lässt sich noch keine einigermassen sichere chemische Gleichung aufstellen; doch wird auch hier vermuthlich Wassereinlagerung stattfinden. Ebenso geht möglicherweise die Zerlegung des myronsauren Kaliums mit Wasseraddition vor sich; die oben gegebene Gleichung kann nur als eine provisorische angesehen werden, da genauere Studien über den Vorgang und über die Constitution der Myronsäure fehlen.

Die Leistungen aller isolirbaren Fermente läuft also nur auf die hydrolytische Spaltung einiger Moleküle hinaus. Ganz dasselbe bewirken zahlreiche andere chemische Körper; beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure erleidet Stärke eine ganz ähnliche Umwandlung wie durch Diastas, Rohrzucker dieselbe Verwandlung in Dextrose und Lävulose wie durch Invertin; überhitzter Wasserdampf spaltet die Fette; anhaltendes Kochen mit Wasser peptonisirt das Eiweiss. Als Differenz zwischen der Wirkung dieser chemischen Eingriffe und der der Fermente hat man wohl hervorgehoben, dass letztere sich selbst so wenig an der Umsetzung betheiligen, dass sie unbegrenzte Mengen des zerlegbaren Körpers spalten können; aber eine solche unbegrenzte Wirkung scheint den Fermenten gar nicht zuzukommen. Vielmehr hat man für Pepsin, Ptyalin, Diastas u. s. w. deutliche Grenzen der Wirksamkeit constatiren können; so dass Diastas z. B. in maximo die 2000fache Menge Stärke umzuwandeln vermag. Unter den gewöhnlichen Umständen wird kaum die Entfaltung dieser ganzen Kraft zu Tage treten, da eine Schädigung des Ferments durch die Aenderungen des Substrats oder eine theilweise Ausfällung durch Niederschläge in den meisten Flüssigkeiten eintreten wird.

Die Empfindlichkeit der Fermente gegen äussere Einflüsse ist eine ziemlich grosse. Was zunächst die Temperatur anlangt, so besteht für jedes Ferment ein Optimum der Wirkung, das aber wiederum nicht für alle Fälle constant ist, sondern von den gleichzeitigen sonstigen Umständen abhängt. Für Diastas liegt das Optimum etwa bei 63°, für Emulsin bei 50°, für Ptyalin bei 35—40°. Schon bei + 5° ist diastatische Wirkung beobachtet worden; von da steigt dieselbe mit zunehmender Temperatur bis zum Optimum. Zwischen 65° und 75° beobachtet man gewöhnlich schon völliges Aufhören der Fermentwirkung und dauerndes Sistiren der fermentirenden Kraft; je länger die Erwärmung dauert, um so niedrigere Temperaturgrade reichen zu dieser Wirkung aus. Glycerinbeimengung lässt die schädliche Temperatur höher rücken, Alkoholzusatz wirkt in umgekehrtem Sinne. Diese Zahlen gelten jedoch nur für feuchte Präparate; in trockenem Zustande können die isolirten Fermente

auf 120—160° erhitzt werden, ehe sie eine Schädigung erfahren. — Von sonstigen einflussreichen Momenten sei erwähnt die Reaction des Mediums; Alkaliüberschuss ist den meisten Fermenten schädlich; geringe Säuregrade werden besser ertragen, einige Fermente wie Pepsin, Diastas bedürfen sogar zur vollen Entfaltung ihrer Wirksamkeit einer schwach saueren Reaction, andere, wie Emulsin, werden schon durch Salzsäure von 0,15 pro mille in ihrer Wirkung gehemmt (Falk); stärkere Säuregrade wirken durchweg schädlich. — Die Salze der schweren Metalle und sonstige Eiweiss fällende Mittel wirken selbstredend nach Art von Giften. Phenol soll die Wirksamkeit von Emulsin und Ptyalin beeinträchtigen, Diastas wenig afficiren; dagegen schädigen Blausäure, Chloroform, Aether, Benzol, Terpentinöl die isolirten Fermente fast gar nicht; und z. B. durch Ammonsalze (bis 10 %) und durch Alkaloide, wie Veratrin, Curare wurde die Invertirung des Rohrzuckers sogar sehr begünstigt.

Die meisten Fermente wirken nur auf eine bestimmte Art von chemischen Körpern; nur die nächstverwandten Verbindungen pflegen durch dieselben Fermente gespalten zu werden. So zerlegt das Emulsin mehrere Glycoside; aber andererseits wirkt z. B. Invertin nicht auf Milchzucker, Dextrin, Maltose, Stärke; Diastas nicht auf Rohrzucker oder auf Glycoside. Manche der hierher gehörigen Angaben scheinen übrigens noch unsicher zu sein. — Sind mehrere chemische Fermente in derselben Lösung, so können sie sich gegenseitig zerstören; Pepsin verdaut das Trypsin und das Ptyalin. Dies gilt aber keineswegs für alle Fermente, denn Diastas und Lab schädigten sich z. B. gar nicht.

Ueber die Art und Weise, wie die Wirkung der löslichen Fermente zu Stande kommt, kann man sich keine bestimmte Vorstellung machen. Es lässt sich denken, dass vielleicht das Ferment dadurch als Uebertrager des einzulagernden Wassers wirke, dass es zunächst selbst das Wasser aufnimmt und es dann den zu spaltenden Molekülen abgiebt. Oder nach Bunsen-Hüfner hat man sich die Contact- und Fermentwirkung so vorzustellen, dass das Ferment nach Art der Schwefelsäure bei der Aetherbildung gewisse Atome oder Atomgruppen des zu spaltenden Moleküls stärker anzieht als den Rest und dadurch eine neue Gruppirung der Atome hervorbringt, nach deren Vollendung es dann wieder regenerirt wird. Beiden Hypothesen fehlt es noch an einer Stütze durch thatsächliche Nachweise, dass Wasseraufnahme oder solche Bindungen des Ferments stattfinden. Eine dritte, von Nägeli ausgesprochene Anschauung, schliesst sich der letztgenannten an, harmonirt aber ausserdem mit Nägeli's

unten zu besprechender Hypothese über den Vorgang bei der Gährung; danach sollen die Fermente nicht etwa selbst Verbindungen eingehen, sondern nur durch die Bewegungszustände ihrer Moleküle auf bestimmte Atomgruppen wirken und so eine Umlagerung und Neugruppirung hervorbringen.

Wie aber auch die Deutung dieser Fermentwirkung ausfallen mag, das eine ist klar, dass wir es hier mit ganz andersartigen Vorgängen, als bei den eigentlichen Gährungserscheinungen zu thun haben. Bei diesen finden wir keine isolirbare, lösliche, chemische Fermentstoffe, deren Masse während der Fermentwirkung dieselbe bleibt oder sich verringert, die bei einer Temperatur von ca 60° am besten wirken, die durch Chloroform, Aether, Blausäure nicht alterirt werden, die nur hydrolytische Spaltung einiger chemischer Körper veranlassen, und die in dieser ihrer Wirkung leicht durch verdünnte Mineralsäure und andere Agentien vertreten werden können. Bei der Gährung und Fäulniss handelt es sich vielmehr um eine physiologische Leistung lebender Organismen, die an das Leben dieser Organismen gebunden ist; die Menge der letzteren vermehrt sich proportional der Gährintensität; das Temperaturoptimum liegt meist bei 40°; durch Gifte wie Chloroform, Aether wird ihr Leben und ihre Gährwirkung gestört; der Vorgang der Gährung selbst besteht in einer complicirten Aenderung der Atomgruppirung, die häufig durch keine anderen Mittel, oder nur durch sehr kräftige, zerstörend wirkende erzielt werden kann. — So scheiden sich Wesen und Leistungen der isolirbaren Fermente und der Gährorganismen aufs schärfste von einander, und es ist gewiss nicht zu erwarten, dass die Gährerscheinungen sich demnächst ebenfalls auf isolirbare chemische Moleküle zurückführen lassen.

6. *Gährungserregung.*

Unter besonderen Umständen tritt eine Abweichung im biologischen Verhalten der Mikroorganismen ein, welche mit einer tief eingreifenden Zersetzung und Consumtion des Nährmaterials und mit der Bildung eigenartiger, durch Qualität und Quantität auffallender Producte einhergeht. Unter den letzteren pflegen namentlich entweichende Gase eine wichtige Rolle zu spielen; ferner entstehen dabei stets Körper von zusammen geringerer Verbrennungswärme, als diejenigen Stoffe, aus denen sie gebildet sind, so dass also bei der Zerlegung immer lebendige Kraft frei wird. Die Gesammtheit dieser Erscheinungen pflegt man als Gährung zu bezeichnen.

Auch die Gährung ist jedenfalls in letzter Instanz auf die Zersetzungen im Protoplasma, auf die intramolekuläre Athmung zurück-

zuführen. Man kann sich vorstellen, dass sich die Gährung aus dieser entwickelte, und dass die Gährung ursprünglich nur einen Act der Selbsterhaltung darstellte, bedingt durch das fortgesetzte Fehlen des Sauerstoffs. Ohne die rege Verbrennung mit Hülfe des Sauerstoffs vermag die innere Athmung allein nicht hinreichend Betriebskraft zu liefern; — da tritt nun bei Abwesenheit des Sauerstoffs eine zwar oberflächliche, aber um so umfangreichere Spaltung des Nährmaterials ein, und dadurch werden die Kräfte gewährt, welche zum vollen Leben der Mikroorganismen nöthig sind. Im Laufe der weiteren Entwicklung theilen sich dann die Organismen in 2 grosse Gruppen; bei den einen bleibt das Vermögen der Gährungserregung auf die Nothlage beschränkt, welche das Fehlen des Sauerstoffs herbeiführt; die anderen aber haben allmählich die jenen besonderen Verhältnissen angemessene Gährwirkung als constante Eigenschaft ausgebildet; sie erregen Gährung, auch wenn reichlicher Sauerstoffzutritt sie eigentlich dieser Nothwendigkeit überhebt, sobald ihnen nur überhaupt gährfähiges Material geboten ist.

Unabweisliches Erforderniss für das Zustandekommen von Gährwirkung ist vergährbare Substanz. Als solche ist nur eine beschränkte Anzahl von chemischen Körpern geeignet; nicht jede der überhaupt vergährbaren Substanzen vermag ausserdem jedem beliebigen Gährungserreger zu dienen, sondern eine Substanz wird nur durch einen oder wenige Organismen zerlegt, und jeder Organismus ist nur auf einige wenige adäquate Substanzen angewiesen. Für viele Mikroorganismen ist bis jetzt noch überhaupt kein Körper bekannt, den sie durch Gährung zu zerlegen vermögen. Möglich, dass diese stets nur auf den gewöhnlichen Athmungsstoffwechsel angewiesen sind; möglich dass noch für den einen oder anderen Spaltpilz die adäquate, durch Gährung zerlegbare Substanz gefunden wird.[1])

Beschaffenheit und Kennzeichen des zur Gährung tauglichen Materials sowie Art und Weise der Zerlegung dieses Materials durch die Gährung lassen sich erst nach der Betrachtung der Einzelfälle erkennen und deutlich machen. Von solchen speciellen Gährungen

1) Da die erstere Möglichkeit einstweilen noch besteht, ist die Cohn'sche Eintheilung der Spaltpilze schon aus diesem Grunde eigentlich unzulässig. Wenn im vorstehenden Abschnitt dennoch diese Eintheilung beibehalten wurde, so geschah das, weil bisher noch kein besseres System in Vorschlag gebracht und es nicht wohl Sache eines wesentlich für Mediciner bestimmten Handbuchs ist, mit einem neuen System hervorzutreten. Es ist aber zu hoffen, dass in den nächsten Jahren auch der Reform der Systematik ein Theil der Arbeit zugewendet wird, welche jetzt in so fruchtbringender Weise auf die übrigen Gebiete der Mykologie sich vertheilt.

unterscheidet man eine ganze Reihe, die entweder nach einem oder einigen characteristischen Producten, oder zuweilen auch nach dem Gährmaterial oder endlich nach dem Gährungserreger bezeichnet werden. Im Folgenden ist zunächst die Gährung der Hefepilze besprochen; sodann die verschiedenen Spaltpilzgährungen, die sich in 5 Gruppen theilen lassen, nämlich: α) die Gährung der Kohlehydrate; β) die Vergährung der mehrwerthigen Alkohole (Glycerin, Erythrit, Mannit); γ) die Gährung der Fettsäuren; δ) die Fäulniss; ε) die Essigbildung aus Alkohol.

A. Die alkoholische Gährung des Zuckers durch Hefe.

Das Material für die Gährung liefern die Glycosen von der Formel $C_6 H_{12} O_6$, nämlich Dextrose, Lävulose, Lactose oder Galactose; ferner die Maltose, welcher die Formel $C_{18} H_{34} O_{17}$ gegeben wird, und welche demnach erst durch Wasseraufnahme dieselbe Zusammensetzung wie die Glycosen erlangt. Die Dextrose bildet das günstigste Material; wird sie mit einer anderen Glycose, z. B. Lävulose, gemischt der Gährwirkung ausgesetzt, so geht zunächst die Dextrose Gährung ein. — Rohrzucker und Milchzucker vergähren erst, wenn sie in Glycosen übergeführt sind; der erstere kann durch Invertin (also namentlich durch Hefe) die Umwandlung in Dextrose und Lävulose erleiden, letzterer geht durch ein Ferment einiger Pilze in Galactose und Dextrose über; beide können ferner durch Kochen mit verdünnten Mineralsäuren in dieselben Glycosen übergeführt werden. — Auch die übrigen Kohlehydrate, Stärke, Gummi, Cellulose können durch Fermente oder beim Behandeln mit Säuren in Glycose verwandelt werden; Stärke geht durch Ptyalin in Dextrose, durch Diastase (Malz) in Maltose, durch Säuren in Dextrose über. — Alle die letztgenannten Kohlehydrate können demnach ebenfalls zur Gährung dienen, wenn nur gleichzeitig die Fermente im Gährgemisch vorhanden sind, welche sie in Glycosen überführen; und da diese Fermente gerade von denselben Organismen, welche die Gährung veranlassen, in reichlicher Menge abgesondert zu werden pflegen (Invertin von Hefe, Milchzucker umwandelndes Ferment von Spaltpilzen), so hat praktisch die Unfähigkeit des Rohrzuckers, der Stärke u. s. w., direct zu vergähren, wenig Bedeutung, und die Gährung tritt oft bei Anwesenheit dieser Stoffe und bei Abwesenheit der direct zerlegbaren Glycosen, höchstens etwas verzögert, ein. Durch die Ausstattung mit Glycose bildenden Fermenten ist somit den Gährungserregern der Kreis ihrer Lebens- und Wirkungsfähigkeit bedeutend erweitert.

Die specifische Zerlegung der Glycosen in Alkohol und Kohlensäure kommt lediglich der Hefe zu; aber nicht alle Arten von Saccharomyces vermögen gleich energisch Gährung zu veranlassen. Am kräftigsten wirken 2 Arten, die Bier- und die Weinhefe. Die erstere wird fortwährend in Bierwürze gezüchtet; eine neue Gährung wird dadurch eingeleitet, dass Hefe aus vergohrener Bierwürze neuer Gährflüssigkeit zugesetzt wird. Je nach dem mehr oder weniger stürmischen Verlauf der Gährung wird Oberhefe resp. Unterhefe gewonnen; bei ersterer bilden sich die Sprossungen rascher aus, es entstehen zusammenhängende Zellcomplexe und diese bieten dem CO_2-Strom bessere Angriffspunkte, so dass sie nach der Oberfläche gerissen werden (vgl. S. 84). — Die Weinhefe, S. ellipsoideus, ist die in der Natur verbreitetste Hefeform, etablirt sich spontan in den verschiedensten zuckerhaltigen, dem Luftzutritt ausgetzten Flüssigkeiten oder gelangt in diese z. B. durch die Hüllen der Weinbeeren, auf denen sie wohl stets gefunden wird. — Die übrigen Hefeformen, S. apiculatus, exiguus u. s. w., scheinen sämmtlich eine viel geringere Wachsthumsenergie und Gährwirkung zu besitzen; von einigen, wie von der Rosahefe, ist noch keine Gährwirkung constatirt; Mycoderma erregt nur wenn er künstlich gezwungen wird, in Flüssigkeiten untergetaucht zu vegetiren, eine kurzdauernde und geringfügige Gährung.

Weit stärker noch als diese letzten, kaum mehr den specifischen Gährungserregern zuzurechnenden Formen wirken die hefeartigen Vegetationen von Schimmelpilzen gährungserregend, deren bekanntestes Beispiel die Kugelhefe von Mucor racemosus darstellt. Dieser Pilz, in Zuckerlösung untergetaucht, verursacht eine ziemlich energische Zerlegung des Zuckers und Bildung von Alkohol und CO_2, während er gleichzeitig in seinen Form- und Wachsthumsverhältnissen sich der Hefe nähert. — Während wir daher die Mucorhefe in gewissem Sinne noch den Gährungserregern zurechnen müssen, ist dies keinesfalls statthaft bei den anderen Schimmelpilzen, von denen es ebenfalls bekannt ist, dass sie unter Umständen in Zuckerlösung eine Bildung von Alkohol und CO_2 veranlassen (Penicillium, Oidium lactis u. s. w.). Diese bilden nur dann Alkohol und CO_2, wenn sie sich bei Abschluss des Sauerstoffs in Zuckerlösung befinden; damit leisten sie aber nichts anderes, als die Zellen beliebiger höherer Pflanzen, und die Bildung von Alkohol und CO_2 kommt einfach durch intramolekuläre Athmung zu Stande. Characteristisch für die Gährung der Hefe ist daher nicht die Production von Alkohol und CO_2; sondern nur die massenhafte Bildung dieser Körper aus bestimmten Zuckerarten; und weiter noch der Umstand, welcher unten

näher berücksichtigt werden wird, dass Sauerstoffzufuhr die Bildung der characteristischen Producte nicht hemmt, sondern eher fördert.

Die Gährwirkung der Hefe kann zuweilen unterstützt werden durch den Einfluss anderer Pilze. So vermögen in Gährgemischen vorhandene Spaltpilze oft durch abgesonderte Fermente unlösliche Kohlehydrate, wie Stärke, Cellulose, in lösliche Glycosen zu verwandeln, die dann erst von gleichzeitig vorhandenen Hefeorganismen als Gährmaterial benutzt werden können, wenn jene Spaltpilze nicht selbst eine Gährwirkung auf das umgebildete Material auszuüben vermögen; während andererseits auch oft durch die Vegetation von Hefe (Mycoderma) erst allmählich anderen Pilzen der Boden geebnet wird. Dieser Umstand muss zur Erklärung herangezogen werden, wenn eine scheinbare directe Vergährung von solchem Material zur Beobachtung gelangt, welches notorisch ungeeignet zur Vergährung ist.

Die Art und Weise der Zerlegung von Glycose durch die Hefegährung hat man früher durch eine sehr einfache chemische Gleichung dargestellt. Man glaubte, dass eine Spaltung des Glycosemoleküls in 2 Moleküle Alkohol und 2 Moleküle CO_2 stattfinde: $\underset{\text{Glycose}}{C_6H_{12}O_6} = 2\,\underset{\text{Aethylalkohol}}{C_2H_5 . OH} + 2\,CO_2$. Pasteur zeigte indess, dass regelmässig noch eine Reihe von anderen Producten auftritt, selbst wenn möglichst reines Gährmaterial und reine Hefe benutzt wird; er fand im Durchschnitt 2,5—3,6 Procent des vergohrenen Zuckers in Form von Glycerin ($C_3H_5(OH)_3$) und 0,4—0,7 % in Form von Bernsteinsäure ($C_2H_4(COOH)_2$); ausserdem constant Spuren von Essigsäure, oft andere Alkohole, wie Amylalkohol u. s. w. Man hat der Bildung dieser Nebensubstanzen durch eine Gleichung von der Form: $49\,(\underset{\text{Glycose}}{C_6H_{12}O_6}) + 30\,H_2O = 12\,\underset{\text{Bernsteinsäure}}{C_4H_6O_4} + 72\,\underset{\text{Glycerin}}{C_3H_8O_3} + 30\,CO_2$ (Pasteur) oder von der Form: $4\,(C_6H_{12}O_6) + 3\,H_2O = C_4H_6O_4 + 6\,C_3H_8O_3 + 2\,CO_2 + O$ (Monoyer), zu genügen gesucht, aber ohne dass es dadurch gelungen wäre, die quantitativen Verhältnisse richtig zur Anschauung zu bringen. — Dieselben Nebenproducte findet man auch bei der Gährung durch Mucorhefe; wenigstens konnte hier Fitz mit Sicherheit Bernsteinsäure nachweisen. Ferner fand Brefeld, dass die Nebenproducte sich um so reichlicher bilden, je ungünstiger die Nährbedingungen für den betreffenden Gährungserreger liegen; gegen Ende der Gährung scheinen sich jene Stoffe anzuhäufen, und solche Gährungserreger, welche nur mühsam eine Gährung unterhalten und eigentlich auf andere Existenzbedingungen angewiesen sind, liefern besonders reichlich Nebenproducte, Mucor mucedo mehr als Mucor racemosus und Mucor stolonifer mehr als ersterer.

Man könnte vielleicht der Meinung sein, die Nebenproducte würden nur bedingt durch unreines Gährmaterial oder durch beigemengte andere Pilze; aber auch bei äusserster Vorsicht und mit besonderer Berücksich-

tigung dieser Fehlerquellen sind dieselben Nebenproducte beobachtet. Lässt man Verunreinigungen zu, so bilden sich in Folge dessen noch zahlreichere Producte, die dann aber nicht constant sind und demnach mit der eigentlichen Gährung nichts zu thun haben. — Ferner könnte man denken, dass vielleicht Bernsteinsäure, Glycerin u. s. w. als specielle Stoffwechselproducte der Hefe aufzufassen seien. Man muss ja in der That annehmen, dass neben der Spaltung des Zuckers noch Zerlegungen und bei Sauerstoffzufuhr auch Oxydationen complicirterer, aus N-haltigen und N-losen Atomcomplexen aufgebauter Moleküle des Protoplasmas der Hefe stattfinden, in Folge dessen die gewöhnlichen Producte des destruirenden Stoffwechsels im Gährgemisch auftreten müssen. Aber diese Producte sind schwerlich mit jenen bei der Gährung nebenher auftretenden Substanzen identisch; die Menge der letzteren ist viel zu beträchtlich, und auch ihre Qualität ist eine zu eigenthümliche. Ferner müsste in diesem Falle die Menge der Nebenproducte der Menge der vorhandenen lebenskräftigen Hefezellen proportional sein und zunächst also von der Quantität der Aussaat abhängen. Von einem derartigen Verhalten wurde aber bis jetzt nichts beobachtet, und so werden wir annehmen müssen, dass die Zerspaltung des Zuckers in seiner weitaus grössten Menge beim Gährungsact nach einer complicirteren Gleichung, unter regelmässiger Bildung von Glycerin und Bernsteinsäure erfolgt. Ein kleiner Bruchtheil des Zuckers wird zum Aufbau N-haltiger complicirter Moleküle verwandt werden und die so gebildete Substanz wird theils der Neubildung von Zellen dienen, theils der Zerstörung anheimfallen; aber die so entstehenden Stoffwechselproducte sind nicht mit den genannten, regelmässigen Nebenproducten der Gährung identisch.

Eine ganz besondere Beachtung ist von vielen Forschern der sogenannten Selbstvergährung der Hefe geschenkt. Dieselbe findet statt, wenn grössere Mengen frischer, lebenskräftiger Hefe mit reichlich Wasser, ungenügendem Luftzutritt und günstiger Temperatur (25—30°) sich selbst überlassen werden. Es wird unter diesen Umständen reichlich CO_2 und Alkohol gebildet, die Hefe geht in einen erweichten Zustand über, und lässt dann in ein Extract mit warmem Wasser zahlreiche Stoffe übertreten, die als Zerfalls- und Stoffwechselproducte gedeutet werden. Nach den Untersuchungen von Béchamp und von Schützenberger enthielt das Waschwasser albuminartige Substanzen, Gummi, ein linksdrehendes Ferment, sogenannte Zymase, Pseudoleucin (dem wechselnde Mengen von Schwefel beigemengt sind), Tyrosin, Butalanin, Carnin, Xanthin, Guanin, Sarkin. — Die letztgenannten Stoffe rühren offenbar von einer Zerlegung von Eiweissstoffen her; die Production von CO_2 und Alkohol kann man aber nur dadurch erklären, dass entweder vergährbarer Zucker in der Hefe vorhanden war, oder dass irgend ein Bestandtheil der Hefe sich leicht in Zucker umwandelte; und als Muttersubstanz des Zuckers können dann entweder zur Gruppe der Kohlehydrate ge-

hörige Körper, wie Cellulose, Gummi, angesprochen werden, oder aber Proteïnsubstanzen. Nach Pasteur finden sich nun stets in der Hefe zuckerähnliche Stoffe, die als solche schwer extrahirbar sind, aber z. B. durch Mineralsäuren die Umwandlung in Zucker erleiden; und diese, sowie die Cellulose der Zellmembran liefern nach Pasteur's Annahme die bei der Selbstvergährung entstehenden Gährproducte. Eine wesentlich andere Anschauung vertrat aber Liebig; derselbe fand in einigen Versuchen bei der Selbstvergährung der Hefe so grosse Mengen von Alkohol und CO_2 (8—13,5% Alkohol vom Trockengewicht der Hefe), dass der gesammte Gehalt der Hefe an Cellulose und sonstigen Kohlehydraten nicht ausreichte, um diese Menge von Gährproducten zu liefern, sondern dass zur Erklärung der letzteren nothwendig noch eine Spaltung von Eiweisssubstanzen in ziemlichem Umfange herangezogen werden musste. Liebig legte gerade auf diese Spaltung der Eiweissstoffe das grösste Gewicht, weil er darin den eigentlich wesentlichen, constanten Vorgang bei der Gährung sah; nach seiner Auffassung beruht das Wesen des Gährungsprocesses überhaupt nur darauf, dass eine solche complicirte, in Zersetzung begriffene Proteïnsubstanz ihre chemische Bewegung auf andere (Zucker-) Moleküle überträgt.

Nägeli's neuere Versuche lehren jedoch aufs deutlichste, dass bei der Selbstvergährung der Hefe nicht ein solcher auf die Hefe beschränkter und nur von dieser abhängiger Process stattfindet; sondern dass in den früheren Versuchen zweifellos Spaltpilze mitgewirkt und sich an der Zersetzung der Hefesubstanz betheiligt haben. In der That sind die beschriebenen Umstände, unter denen die Selbstvergährung beobachtet wird, derart, dass eine lebhafte Entwicklung von Spaltpilzen nothwendig eintreten musste; diese haben sich auf Kosten der abgestorbenen Hefezellen ernährt und vermehrt und haben vermuthlich auch Gährungsvorgänge in den durch abgesonderte Fermente löslich gemachten Stoffen der Hefesubstanz erregt. Eine Menge der im Extract gefundenen N-Derivate kann von der Thätigkeit dieser Spaltpilze herrühren; ebenso können sie an der Production von CO_2 und Alkohol wesentlich betheiligt sein. Wenn Nägeli die Versuche so anstellte, dass z. B. durch Zusatz von Citronensäure die Ansiedlung von Spaltpilzen erschwert wurde, wurden immer nur minimale Spuren von Alkohol gefunden, die vielleicht davon herrühren, dass die geringen Mengen zuckerartiger Substanz, welche in der Hefezelle enthalten sind, zur Vergährung gelangen, wenn der Hefe kein zuckerhaltiges Nährmaterial geboten ist. Dieser Vorgang würde den Zerlegungen im hungernden Thier ganz analog sein. Dass aber

weiterhin auch die Proteïnsubstanz der erschöpften Hefezellen von anderen lebenskräftigen Hefezellen verarbeitet werden kann, dafür fehlen alle Anhaltspunkte; schon für ein Löslichmachen dieser Substanzen vermisst man in der Hefe die dazu nothwendigen Fermente. — Fortgesetzte, auf Reinheit der Cultur bedachte Experimente werden daher erst über den wirklichen Umfang der Selbstvergährung der Hefe und über die dabei gebildeten Stoffwechselproducte Aufschluss geben können.

Die quantitativen Verhältnisse der Gährung unterliegen je nach der Menge des Nährmaterials, der Hefeaussaat, der Gährungsdauer u. s. w. bedeutenden Schwankungen, und namentlich sind dieselben auch von äusseren Einflüssen sehr abhängig. Der Zuckergehalt der zu vergährenden Lösung darf nicht über 35 % hinausgehen, da sonst die Hefezellen unter zu starker Wasserentziehung leiden; am besten scheint ein Zuckergehalt von 2—4 %, und dann von 20—25 % zu sein (Wiesner); doch bedarf die auffallende Aufstellung zweier Optima noch der Bestätigung. Die Menge der zugesetzten Hefe ist von einer gewissen Grenze ab für den Verlauf der Gährung irrelevant; Dumas[1]) fand, dass 1 Grm. Zucker durch 20 Grm. Hefe bei 24° innerhalb 24 Minuten vollständig zerlegt wird; Zusatz von 100 Grm. Hefe änderte an diesem Resultat nichts. Bei reichlicher Hefeaussaat tritt auch in reinen Zuckerlösungen intensive Gährung ein, die schliesslich unter Zurücklassung einer erschöpften und N-armen Hefe aufhört; soll eine anhaltende Gährung mit relativ kleinen Hefemengen eingeleitet werden, so ist die Zufuhr anderweitiger Nährstoffe, namentlich N-haltiger, erforderlich (vgl. S. 173). Sauerstoffzufuhr begünstigt in jedem Falle die Gährung; vorzugsweise dann, wenn gleichzeitig die Nährstoffe für die Hefe im Gährungsgemisch enthalten sind, weil dann eine viel lebhaftere Vermehrung der Zellen vor sich gehen kann (Nägeli). — Im übrigen wird der Fortdauer der Gährung ein Ziel gesetzt durch die Ansammlung des Alkohols; ein Gehalt von 12 % hemmt das Wachsthum der Hefe und bei mehr als 14 % Alkohol sistirt jede Gährung. Für Mucorhefe liegt diese Grenze bereits viel tiefer, bei 3¼—4 % (für Mucor stolonifer gar bei 1,3 %); dieselbe Hefeform ist auch gegen stärkere Concentration der Zuckerlösung viel empfindlicher, da nur in Lösungen von weniger als 7 % Zucker ausgiebige Gährung eintritt (Fitz). — Von äusseren Einflüssen kommt vor allem die Temperatur in Betracht; im Allgemeinen betrachtet man 25° als die günstigste Temperatur, doch ist dies Optimum unter dem Einfluss der verschiedensten Factoren verschiebbar. Von chemischen Agentien,

1 Ann. de chim. et de phys. 1874. Vol. III.

welche die Gährung stören oder hemmen, seien erwähnt freie Alkalien, ferner schweflige Säure, Sublimat, Chloroform; während Schwefelwasserstoff, arsenige Säure, Carbolsäure, Salicylsäure, Strychnin, Blausäure erst in grösserer Concentration oder gar nicht die Hefegährung verhindern.

B. Gährungen durch Spaltpilze.

a) Vergährung der Kohlehydrate. Die Kohlehydrate liefern mit verschiedenen Spaltpilzen eine Milchsäure-, eine schleimige oder Mannitgährung, eine Buttersäuregährung, endlich eine Gährung, bei der wesentlich Aethylalkohol gebildet wird.

Milchsäuregährung entsteht in Lösungen von Traubenzucker, Milchzucker, Inosit, Sorbin (ferner Mannit, Sorbit) durch einen Spaltpilz, der gewöhnlich als kurzes, in der Mitte eingeschnürtes Stäbchen beschrieben wird, aber noch nicht mit Sicherheit isolirt ist. Die Gährung tritt besonders leicht ein in der Milch, deren spontane Säuerung und Gerinnung durch Milchsäurebildung bedingt ist; ferner wird sie beobachtet bei der Bereitung des Sauerkrauts, im Zuckerrübensaft und bei der Stärkefabrikation. Künstlich leitet man Milchsäuregährung am besten dadurch ein, dass man Rohrzuckerlösung von geringer Concentration mit etwas altem Käse und mit geschlemmter Kreide versetzt und bei 30—35° mehrere Tage stehen lässt; man kann dann den gebildeten milchsauren Kalk mittelst einfacher Methoden gewinnen (vgl. SCHÜTZENBERGER, l. c. S. 172). Das Milchsäureferment scheint gegen die freie Milchsäure ziemlich empfindlich zu sein, da die Gährung bald aufhört, wenn nicht Kalk oder Zinkoxyd zur Neutralisation und Ausfällung der Säure geboten sind; auch Alkohol stört die Milchsäuregährung schon in geringer Dosis und erleichtert dadurch der Hefegährung die Concurrenz. — Ausser Milchsäure werden jedenfalls noch Nebenproducte gebildet, die aber noch nicht genügend erforscht sind. Stets scheint CO_2-Entwicklung mit der Gährung verbunden zu sein. Von den übrigen hier und da noch beobachteten Gährproducten (Alkohol, Buttersäure, Mannit, Gummi) ist es durchaus zweifelhaft, ob sie der Milchsäuregährung als solcher zugehören, oder aber der gleichzeitigen Anwesenheit anderer Fermente ihre Entstehung verdanken. Früher hat man die Zerlegung des Zuckers bei der Milchsäuregährung durch die einfache Gleichung:

$$\underset{\text{Glycose}}{C_6H_{12}O_6} = 2\,\underset{\text{Milchsäure}}{(C_2H_4 . OH . COOH)}$$

zu erläutern gesucht; dass diese dem wirklichen Vorgang nicht entspricht, geht schon aus der Thatsache der steten CO_2-Entwicklung hervor, der in der Gleichung nicht Rechnung getragen ist. Eine Auf-

klärung der Milchsäuregährung, sowohl bezüglich des Ferments, wie hinsichtlich des chemischen Vorgangs, muss daher von späteren Untersuchungen erwartet werden.

Auch über die sogenannte schleimige Gährung oder Mannitgährung ist wenig sicheres bekannt. Das Material für dieselbe liefern Dextrose und Invertzucker; das Ferment soll nach PASTEUR (Bull. de la soc. chim. 1861, 30) ein Mikrococcus sein (vgl. S. 98). Die Gährung zeigt sich oft in bestimmten Weinen (namentlich weissen), in zuckerhaltigen Säften von Rüben, Möhren, Zwiebeln u. s. w.; die ergriffenen Flüssigkeiten werden schleimig und fadenziehend.[1]) Künstlich erhält man diese Gährung am besten mit Bierhefeabkochung, die filtrirt und mit Zucker versetzt ist, oder mit zuckerhaltigem Stärke-, Reis- oder Gerstenwasser; das Temperaturoptimum ist etwa 30°. Als Gährungsproducte sollen constant eine Gummiart, die dem Dextrin nahe steht und von BÉCHAMP neuerdings mit dem Namen „Viscose" belegt ist (Compt. rend. 93, 78), ferner Mannit und CO_2 auftreten; zuweilen und wohl unter dem Einfluss anderer Fermente werden auch Milchsäure, Buttersäure, Essigsäure und Wasserstoffgas beobachtet. Aus 100 Theilen Zucker erhält man in günstigen Fällen 51,1 Theile Mannit, 45,5 Theile Gummi und 6,2 Theile CO_2; danach findet diese Gährung einen entsprechenden Ausdruck durch die Formel:

$$50\,(\underset{\text{Dextrose}}{C_6H_{12}O_6}) = 12\,(\underset{\text{Gummi}}{C_{12}H_{20}O_{10}}) + 24\,(\underset{\text{Mannit}}{C_6H_{14}O_6}) + 12\,CO_2 + 12\,H_2O.$$

Ueber einige weitere Gährungen von Kohlehydraten hat FITZ berichtet, dessen zahlreiche Untersuchungen über Spaltpilzgährungen uns mancherlei Aufschlüsse bezüglich der dabei stattfindenden chemischen Umsetzungen gegeben haben; allerdings sind auch diese Versuche häufig nicht mit rein gezüchteten Fermentorganismen angestellt, wenn freilich auf dieses wichtige Moment schon weit mehr Sorgfalt als in früheren Versuchen verwandt wurde. — Nach FITZ erhält man aus verschiedenen Kohlehydraten, namentlich Stärke, Inulin, zunächst eine Buttersäuregährung. Um dieselbe einzuleiten, werden 2 Liter Wasser auf 40° erwärmt, und 100 Grm. Kartoffelstärke, 0,1 Grm. K_2HPO_4, 0,02 Grm. $MgSO_4$, 1 Grm. NH_4Cl und 50 Grm. $CaCO_3$ zugefügt, dann mit einem Bacillus, der aus Heuaufguss erhalten ist und den FITZ als Bac. subtilis bezeichnet, besät und einer Temperatur von 40° ausgesetzt. FITZ fand nach 10tägiger Gäh-

1) Im Zuckerrübensaft kommt zuweilen eine etwas abweichende Gährung vor, die mit der Bildung grosser Massen gallertartiger Substanz (von SCHEIBLER Dextran genannt) einhergeht. Der ursächliche Spaltpilz soll ebenfalls ein Micrococcus sein (Leuconostoc mesenterioïdes) und sich durch starke Zoogloeabildung auszeichnen. (VAN TIEGHEM, Ann. des sc. nat. 6. Sér. II. Vol. 7. — SCHEIBLER, Zeitschr. f. Rübenzuckerindustrie 1874.)

rung 34,7 Grm. Buttersäure, 5,1 Grm. Essigsäure, 0,33 Grm. Bernsteinsäure, 1,0 Grm. Aethylalkohol. Milchsäure wurde nicht als intermediäres Product gefunden. Bei seinen genauen Untersuchungen über Bac. subtilis konnte Prazmowski constatiren, dass dem Bac. subtilis die angegebene Fermentwirkung nicht zukommt; in Fitz' Experimenten hat es sich vermuthlich um den Bac. butyricus oder um einen anderen der zahlreichen Heubacillen gehandelt, dessen unterscheidende morphologische Merkmale gegenüber dem Bac. subtilis noch nicht fixirt sind.

Bei verschiedenen Kohlehydraten beobachtete Fitz ferner eine Gährung, bei der Aethylalkohol als vorherrschendes Product gebildet wurde. Aus 500 Grm. Stärke gewann er 10 Grm., aus der gleichen Menge Dextrin 22 Grm. Aethylalkohol; auch Milchzucker lieferte wesentlich denselben Alkohol. — Endlich soll nach Hoppe-Seyler Cellulose durch Cloakenschlamm eine Zersetzung in CO_2 und CH_4 erleiden. Die ursächlichen Fermentorganismen wurden für diese Gährungen nicht genügend festgestellt.

β) Vergährung der mehrwerthigen Alkohole. Während für die zweiwerthigen Glycole noch keine Gährungen mit Sicherheit beobachtet sind, hat man für den 3werthigen Alkohol Glycerin, den 4werthigen Alkohol Erythrit, den 5werthigen Quercit und die 6werthigen Alkohole Mannit und Dulcit verschiedene Gährungen durch Spaltpilze festgestellt.

Für Glycerin beobachtete Fitz 4 verschiedene Gährungen. Unter dem Einfluss eines Heubacillus, den Fitz für Bacillus subtilis hält, liefert es wesentlich Aethylalkohol. Eine Handvoll Heu wird mit 1/4 Liter Wasser angerührt, durch ein Drahtnetz filtrirt und mit Glycerin (etwa 3%), Salzen und $CaCO_3$ versetzt, 5 Minuten gekocht und dann bei 40° gehalten; nach 2 Tagen ist das Gemisch in voller Gährung. Man erhält reichlich Aethylalkohol (beispielsweise aus 100 Grm. Glycerin 29 Grm. Aethylalkohol), als Nebenproducte Capronsäure, Buttersäure, etwas Essigsäure.

Um die zweite Gährung, die vorzugsweise Butylalkohol liefert, anzusetzen, wird Heuwaschwasser und Glycerinlösung ohne zu kochen bei 40° gehalten. Man findet im Gährgemisch einen Bacillus, der 2 μ breit und 5—6 μ lang ist, und während der Gährung sich beweglich zeigt. In stärkeren Glycerinlösungen (über 10%) hört die Gährung bald auf, und der Bacillus bildet Dauersporen. — Säet man frische Kuhexcremente in Glycerinnährlösung, so bilden sich meist Aethyl- und Butylalkohol in ungefähr gleichem Verhältniss (daneben etwas Propylalkohol) und dementsprechend ist die Nährlösung von den 2 Bacillenformen bevölkert.

Drittens konnte Fitz durch die Bacillen des blauen Eiters Glycerin in eine Gährung versetzen, bei der reichlich Buttersäure und daneben Aethylalkohol und Bernsteinsäure erhalten wurden; und viertens wurde durch kleine dünne, oft paarweise aneinanderhängende Stäbchen, die nämlichen, die auch äpfelsauren Kalk zu vergähren im Stande sind, Aethylalkohol (21 Grm. aus 100 Grm. Glycerin), und daneben Ameisensäure und Bernsteinsäure erhalten. Auch noch durch andere Spaltpilze gelang eine Vergährung des Glycerins; so wurde nach Mikrokokkeneinsaat Alkohol, Buttersäure, Ameisensäure und Essigsäure erhalten; Hoppe-Seyler fand nach Zusatz von faulendem Fibrin zu Glycerinlösung hauptsächlich Buttersäure, Essigsäure und Bernsteinsäure als Gährproducte. — Bei allen vorgenannten Gährungen bietet die Methode nicht hinreichend Garantie für völlig reine Einsaat und die morphologischen Merkmale der Gährungserreger wurden nicht genügend berücksichtigt; darunter leidet die Verwerthbarkeit der sorgfältigen chemischen Untersuchungen.

Für Erythrit fand Fitz ebenfalls verschiedene Gährungen; ein Spaltpilz bewirkte eine Zersetzung, die sich als Spaltung von 2 Mol. Erythrit in 1 Mol. Buttersäure und 1 Mol. Bernsteinsäure, unter Austritt von $2H_2O$ und 1H auffassen liess; ein anderer Spaltpilz ergab eine Gährung mit nur geringen Spuren von Bernsteinsäure.

Mannit liefert zunächst die oben erwähnte Milchsäuregährung. Ferner bewirkt nach Fitz ein Spaltpilz in etwa 3%igen Mannitlösungen die Bildung von Normalbutylalkohol, Aethylalkohol, Bernsteinsäure, Milchsäure; und ein keulenförmiger aus gekochtem Heuwaschwasser gewonnener Bacillus lieferte Aethylalkohol (26%), Ameisensäure (5,6%) und etwas Bernsteinsäure.

Dulcit schliesst sich den Kohlehydraten an bezüglich der Milchsäuregährung. Nach Fitz liefert Dulcit auch eine Gährung mit etwas Alkohol und viel Buttersäure; Quercit eine solche mit fast ausschliesslicher Bildung von Normalbuttersäure.

γ) Vergährung der Fettsäuren. Zahlreiche zu den Fettkörpern gehörige Säuren liefern ein geeignetes Gährmaterial, sobald sie in Form neutraler Salze Spaltpilzen dargeboten werden. Am besten geeignet scheint das Kalksalz dieser Säuren zu sein, und mit diesem wurden auch fast durchgehends die betreffenden Gährversuche angestellt. Es zeigten sich gährfähig: Ameisensäure ($HCOOH$), Essigsäure ($CH_3 . COOH$); ferner eine Reihe von Oxysäuren, nämlich Milchsäure ($C_2 H_4 . OH . COOH$), Glycerinsäure ($C_2 H_3 . (OH)_2 COOH$), Aepfelsäure ($C_2 H_3 . OH . (COOH)_2$), Weinsäure ($C_2 H_2 (OH)_2 (COOH)_2$), Citronensäure ($C_3 H_4 . OH . (COOH)_3$).

Ameisensaurer Kalk liefert nach Hoppe-Seyler mit Cloakenschlamm versetzt $Ca\,CO_3$, CO_2 und H; essigsaurer Kalk in ähnlicher Weise $Ca\,CO_3$, CO_2 und CH_4. — Milchsaurer Kalk geht nach Fitz 3 verschiedene Gährungen ein; erstens unter dem Einfluss eines schmalen Bacillus, der oft lange Ketten bildet, die Propionsäuregährung, bei der als Nebenproducte etwas Essigsäure, Bernsteinsäure und Alkohol auftreten; vermuthlich ist der Vorgang ausgedrückt durch die Gleichung:

$$\underset{\text{Milchsäure}}{3\,C_2H_4\,.\,OH\,.\,COOH} = \underset{\text{Propionsäure}}{2\,C_2H_5\,.\,COOH} + \underset{\text{Essigsäure}}{CH_3\,.\,COOH} + CO_2 + H_2O.$$

Zweitens liefert der milchsaure Kalk bei anderer Einsaat neben Propionsäure reichlich Valeriansäure (normale); aus 3 Kilogrm. wurden 126 Grm. Propionsäure und 101 Grm. Valeriansäure gewonnen. — Drittens ist schon früher von Pasteur (Compt. rend. 1861) die Buttersäuregährung des milchsauren Kalks beobachtet; Fitz erhielt bei einer solchen aus 500 Grm. etwa 34 Grm. buttersauren Kalk, ausserdem 3,6 Grm. Aethyl- und Butylalkohol. Diese Gährung kann repräsentirt werden durch die Gleichung:

$$\underset{\text{Milchsaurer Kalk}}{2(C_2H_4\,.\,OH\,.\,COO)_2\,Ca} = \underset{\text{Calciumcarbonat}}{CO_3Ca} + 3CO_2 + 4H_2 + \underset{\text{Buttersaurer Kalk}}{(C_3H_7\,.\,COO)_2\,Ca}$$

Glycerinsaurer Kalk giebt, durch längliche Mikrokokken vergohren, hauptsächlich essigsauren Kalk, daneben etwas Bernsteinsäure und Aethylalkohol; vielleicht verläuft die reine Gährung nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Glycerinsaurer Kalk}}{(C_2H_3\,.\,(OH)_2\,.\,COO)_2Ca} = \underset{\text{Essigsaurer Kalk}}{(CH_3\,.\,COO)_2Ca} + 2CO_2 + 2H_2$$

Ferner kann dasselbe Material durch mittelgrosse Bacillen zu Ameisensäure mit etwas Methylalkohol und Essigsäure als Nebenproducten vergohren werden.

Aepfelsaurer Kalk ist ebenfalls mehreren Gährungen unterworfen. Unter dem Einfluss dünner Bacillen — derselben, die auch Glycerin vergähren — wird hauptsächlich Bernsteinsäure (ca. 60% des Materials) und etwas Essigsäure gebildet. Mit anderen, kürzeren Bacillen entsteht Propionsäure als Hauptproduct, daneben wieder Essigsäure. — Drittens tritt zuweilen eine Buttersäurebildung, unter H-Entwicklung ein; und endlich wird nach Schützenberger der äpfelsaure Kalk auch in der Weise zerlegt, dass Milchsäure und CO_2 gebildet wird.

Weinsaurer Kalk liefert entweder die schon Pasteur bekannte und auch von Fitz erhaltene Propionsäuregährung, die vielleicht nach der Gleichung verläuft:

$$\underset{\text{Weinsäure}}{3C_4H_6O_6} = \underset{\text{Propionsäure}}{C_2H_5\,.\,COOH} + \underset{\text{Essigsäure}}{2CH_3\,.\,COOH} + 5CO_2 + 2H_2O$$

Oder es entsteht Buttersäuregährung; oder drittens es findet eine Zerlegung statt, bei der hauptsächlich Essigsäure gebildet wird (auf 100 Grm. weinsauren Kalk erhielt FITZ 45 Grm. essigsauren Kalk) und daneben etwas Aethylalkohol, Butter- und Bernsteinsäure. [1])

Citronensaurer Kalk lieferte nach Versuchen von FITZ unter dem Einfluss kleiner, dünner Bacillen (aus Heuwaschwasser) reichlich Essigsäure; als Nebenproducte Aethylalkohol und Bernsteinsäure. — Auch die Schleimsäure wird nach SCHÜTZENBERGER leicht in Essigsäure, CO_2 und H gespalten.

δ) Die Fäulniss. Unter Fäulniss oder fauliger Gährung begreift man die rasche und intensive Zerlegung N-haltiger, hauptsächlich eiweissartiger Substanzen durch gewisse Spaltpilze, bei welcher gasige, übelriechende Producte in grösserer Menge gebildet werden.

Das Material für diese Gährung liefern zunächst die eigentlichen Eiweissstoffe; dieselben scheinen allerdings niemals direct der Zerlegung anheimzufallen, sondern zunächst einer Umwandlung in Peptone zu unterliegen; da aber peptonisirendes Ferment den fäulnisserregenden und vielen anderen Spaltpilzen zuzukommen pflegt, so ist practisch nur ein zeitlicher Unterschied zwischen der Fäulniss löslicher und unlöslicher Eiweissstoffe; durch Hinzufügen von peptonisirendem Pankreasferment wird aber dementsprechend die Fäulniss besonders beschleunigt. Ferner sind die leimartigen und leimgebenden Stoffe zur Fäulniss disponirt; dann die Peptone; endlich einige N-haltige Körper, die sich zwar in ihrer Zusammensetzung und in ihren Eigenschaften mehr von den Proteïnstoffen entfernen, aber diesen dadurch nahe stehen, dass sie als Componenten des Eiweissmoleküls angesehen werden müssen; so namentlich das Leucin, vielleicht auch das Tyrosin, Indol u. s. w.

Die Producte, die durch faulige Gährung aus den Eiweissstoffen entstehen, sind CO_2, H, Schwefelwasserstoff, Methan; niedere Fettsäuren, namentlich Buttersäure, Valeriansäure; Phenole, namentlich Parakresol; ferner eine Reihe von N-haltigen Körpern: Ammoniak, Ammoniumcarbonat, Ammoniumsulfid; Aminbasen, z. B. Propylamin, Trimethylamin; Amido-Fettsäuren, so Leucin, Glycocoll, Glutaminsäure, Asparaginsäure; endlich N-haltige Substanzen aus der aromatischen Reihe, z. B. Tyrosin, Indol. Manche dieser Producte treten nur unter bestimmten Umständen und vorübergehend auf; viele (Ammonverbindungen, Schwefelwasserstoff, Fettsäuren, Indol) haben

1) Andere vermuthlich nicht rein verlaufene Gährungen der Weinsäure erhielt KOENIG (Chem. Ber. 14. 211).

einen ausgeprägten Geruch und bedingen, indem bald die einen, bald die anderen mehr vorherrschen, den verschiedenen widerlichen Geruch der Fäulnissgemische.

Entsprechend der grossen Zahl der entstehenden Producte haben wir die ganze faulige Zersetzung nicht etwa als Leistung einer einzelnen Form von Mikroorganismen aufzufassen, sondern an dem ganzen Process sind zahlreichste verschiedene Spaltpilze betheiligt. So wenig es aber möglich ist, zur Zeit nur einigermassen die Zersetzungsvorgänge bei der Fäulniss in Form von chemischen Gleichungen zur Anschauung zu bringen, so sind wir noch weniger im Stande, über die Morphologie der Fäulnisserreger Bestimmtes zu sagen. In einem Fäulnissgemisch pflegen unzählige verschiedene Formen von Spaltpilzen zu vegetiren; welche von diesen als mehr harmlose Ansiedler, welche als Gährungserreger aufzufassen sind, und auf welche von den letzteren wir die einzelnen Acte und Phasen des Fäulnissprocesses zu vertheilen haben, darüber ist noch so gut wie nichts Sicheres bekannt.

Unter solchen Umständen können wir uns lediglich ein ganz allgemeines Bild von den Vorgängen bei der Fäulniss machen. Gelangen Spaltpilze in ein fäulnissfähiges Medium, so erfolgt zunächst deren Vermehrung, vielfach unter Absonderung peptonisirender Fermente. Das gebildete lösliche Eiweiss erleidet dann eine Spaltung, die wir uns entsprechend den heutigen Anschauungen über die Constitution der Eiweissstoffe und analog den Zersetzungen, welche die Eiweissstoffe durch Säuren und Alkalien erleiden, vielleicht in der Weise zu denken haben, dass Amidoderivate der Fettreihe (nam. Amidosäuren), N-haltige Körper aus der aromatischen Reihe, Sulfosäuren (Taurin) und vielleicht noch peptonartige Reste entstehen. Vermuthlich werden aber die erstgebildeten Zerfallsproducte rasch weiter zerlegt, so dass sie wenig bemerkbar werden; z. B. die Amidosäuren in NH_3 und Fettsäuren, von denen die letzteren noch weiter nach einer der oben gegebenen Gleichungen, meist unter Freiwerden von CO_2, H, CH_4 gespalten werden. So hat man speciell für das Leucin eine Vergährung feststellen können, die nach der Gleichung:

$$\underbrace{C_5H_{10}.NH_2.COOH}_{\text{Leucin}} + 2H_2O = \underbrace{C_4H_9.COOH}_{\text{Valeriansäure}} + NH_3 + CO_2 + 2H_2$$

zu verlaufen scheint. Eine ähnliche Zerlegung erleidet vielleicht das Glycocoll und andere Amidosäuren. Auch für das Tyrosin muss man eine baldige weitere Zerlegung supponiren, da dasselbe in grösserer Menge nur im Anfang der Fäulniss gefunden wird; nach NENCKI könnte z. B. dessen Vergährung nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Tyrosin}}{C_6H_4 . OH . C_2H_3 . NH_2 . COOH} = \underset{\text{Indol}}{C_6H_4 \langle {}^{CH=CH}_{NH} \rangle} + CO_2 + H_2O + H_2$$

vor sich gehen; nach BAUMANN wird bei Fäulniss des Tyrosins, wenn der Sauerstoffzutritt nicht völlig gehemmt ist, Hydroparacumarsäure, Paroxyphenylessigsäure, Parakresol, Phenol der Reihe nach gebildet, wobei vielleicht Paräthylphenol und Paroxybenzoësäure Zwischenstufen bilden, unter Abspaltung von CO_2, H_2O und NH_3. — Für die weitere Spaltung des schwefelhaltigen Componenten fehlt es noch an Erfahrungen.

Wir müssen selbstverständlich annehmen, dass diese zahlreichen, zum Theil noch ganz in Dunkel gehüllten Gährungsvorgänge, aus denen sich die Fäulniss zusammensetzt, durch eine Reihe verschiedener Spaltpilze bewirkt werden. Sind die Organismen, welche als Gährungserreger eingreifen müssen, sämmtlich reichlich vorhanden, so werden sich die einzelnen Acte der Zerlegung rasch folgen; fehlt es an einigen, oder sind die einen einstweilen in zu grosser Minderzahl, so wird eine Verlangsamung eintreten, die Fäulniss bleibt auf einer früheren Phase stehen und liefert andere Endproducte. Welche Pilze namentlich im Anfang zur Herrschaft gelangen, das hängt von der Concentration, der chemischen Zusammensetzung, von der Reaction, von der Temperatur des fäulnissfähigen Substrats ab; im Laufe der Zeit und unter dem Einfluss der allmählich fortschreitenden Fäulniss ändern sich diese äusseren Bedingungen vollständig; aus neutralen Körpern können solche entstehen, die sauere Reaction bedingen; durch Spaltung vorzugsweise der N-haltigen Moleküle und Bildung von NH_3 kann die Alkalescenz vermehrt werden; die Relation der einzelnen chemischen Stoffe ändert sich, weil die eine Art stärker in die Zerlegung hineingezogen wird, als die andere. Dadurch bieten sich immer wieder für andere Spaltpilze günstigste Existenzbedingungen; und so stellt sich der gesammte Fäulnissprocess als eine fast regellose, von nicht übersehbaren Einzelbedingungen abhängige Folge von Umsetzungen dar, welche durch die verschiedensten und in verschiedenster Weise wirksamen Spaltpilzschaaren hervorgerufen werden. Im Anfang der Fäulniss beobachtet man gewöhnlich mehrere Arten von Mikrokokken, ferner grosse Bacillen; in späteren Stadien finden sich auch Massen von kürzeren Bacterien ein; an der Oberfläche des Gemisches scheinen Formen zu prävaliren, wie sie unter dem Namen Bacterium termo beschrieben werden. Dabei ist nicht zu vergessen, dass ausserdem zahlreiche Spaltpilzformen in faulenden Gemischen sich etabliren, denen keine Gährwirkung zukommt oder die einstweilen noch nicht das passende

Material zur Entfaltung ihrer Gährthätigkeit vorfinden; später freilich, wenn energische Gährung vorhanden ist, pflegen die dabei activ betheiligten Pilze die Entwicklung anderer Formen zu hemmen. Alle diese Massen von Mikroorganismen müssen den Fäulnissprocess noch dadurch compliciren, dass auch ihre specifischen Stoffwechselproducte mit den Gährproducten sich mischen; diese müssen zwar bis zu einem gewissen Grade den durch faulige Gährung aus den Proteïnsubstanzen gebildeten Substanzen analog sein, bieten aber in den specifisch gebildeten Fermenten, Giften (Sepsin, Ptomaïne), Farbstoffen u. s. w. immerhin allerlei complicirende Abweichungen.

Von grösstem Einfluss auf den Verlauf des Fäulnissprocesses ist der Sauerstoff. Schon längst ist bekannt, dass nur bei Luftbeschränkung eigentliche Fäulniss mit übelriechenden, gasigen Producten stattfindet. Bei reichlichem Luftzutritt beobachtete man ein Fehlen dieser Gerüche, man constatirte eine rasche und sehr vollständige Oxydation aller fäulnissfähigen Stoffe, und bezeichnete daher diese Art von Fäulniss mit dem besonderen Namen „Verwesung“. Pasteur hob den Unterschied der Fäulniss mit Sauerstoffzutritt und derjenigen ohne Sauerstoffzutritt zuerst schärfer hervor; bei Luftabschluss soll nach Pasteur zunächst der in der Flüssigkeit enthaltene Sauerstoff durch gewisse Mikroorganismen (Monas crepusculum und Bacterium termo) verzehrt und zum Verschwinden gebracht werden. Sobald der Sauerstoff entfernt ist, gehen diese Bacterien zu Grunde und fallen als Niederschlag auf den Boden des Gefässes. Nun erst zeigen sich die eigentlichen Fäulnissvibrionen, die nur bei Sauerstoffmangel existiren, die faulige Gährung veranlassen und der vorbereitenden Thätigkeit jener Aërobien durchaus bedürfen. Ist die Flüssigkeit dagegen der Luft exponirt, so entwickeln sich die aëroben Bacterien an der Oberfläche ununterbrochen; sie bilden ein Häutchen, das zuweilen in Fetzen auf den Boden fällt, aber sich immer wieder regenerirt. Dieses Häutchen hindert nun aber zugleich den Zutritt des Sauerstoffs zur Flüssigkeit, und so ist es möglich, dass in der Flüssigkeit, gleichsam unter dem Schutze der Bacteriendecke, sich Vibrionen entwickeln, die nur bei Sauerstoffabschluss leben, die aber Gährungen veranlassen. Die so gebildeten noch ziemlich complicirten Gährproducte dienen dann den oberflächlich angesiedelten Aërobien als Nahrung und diese bilden daraus die einfachsten Verbindungen, Wasser CO_2, NH_3, während die sonst characteristischen Fäulnissproducte gar nicht zur Wahrnehmung gelangen.

Pasteur suchte also den Unterschied zwischen Fäulniss bei

Sauerstoffzutritt und -abschluss entsprechend seiner auf das Fehlen des Sauerstoffs basirten Gährtheorie zu erklären (vgl. S. 20). Es scheint aber, dass noch andere Vorgänge zur richtigen Deutung dieses Unterschiedes herangezogen werden müssen.

Unter Abschluss des Sauerstoffes treten umfangreiche Reductionen auf, die grösstentheils beim Gährungsvorgang direct entstehen; aus Oxysäuren werden Fettsäuren; CH_4, H_2S, S (z. B. bei Beggiatoa) treten auf; vor allem aber wird bei den verschiedensten Gährungen Wasserstoff gebildet. Wie aus den oben angeführten Gleichungen ersichtlich ist, wird bei der Gährung der Ameisensäure, der Milchsäure (Buttersäuregährung), der Glycerinsäure, der Aepfelsäure, der Weinsäure, des Erythrits, des Leucins u. s. w. Wasserstoff frei; dieser wird zuweilen seinerseits weitere reducirende Wirkung äussern müssen. Nitrate müssen durch solchen Wasserstoff in Nitrite verwandelt werden, Indigblau in Indigweiss, Invertzucker in Mannit; ob auch Sulfate durch denselben reducirt werden können, ist fraglich. Im Ganzen ist jedenfalls die Veränderung des Gährmaterials und der übrigen Gährproducte durch den Wasserstoff nur eine geringfügige; und es ist somit für den Verlauf der Fäulniss ohne Sauerstoff characteristisch, dass die eigentlichen Gährproducte im Ganzen unverändert und unvermengt zu Tage treten, ohne dass eine weitere Zerstörung und Oxydation derselben erfolgt; und ferner ist es begreiflich, dass bei dieser Fäulniss nur solche Spaltpilze existiren können, denen der Sauerstoff völlig entbehrlich ist, so lange sie Gährmaterial zur Disposition haben.

Anders bei reichlichem Sauerstoffzutritt. Hier spielt derselbe Wasserstoff, welchem vorhin nur nebensächliche Functionen zukamen, vermuthlich eine viel bedeutsamere Rolle. Hoppe-Seyler hat es wahrscheinlich zu machen gesucht, dass bei Sauerstoffzutritt der nascirende Wasserstoff das Sauerstoffmolekül zerreissen und so den Sauerstoff activiren muss; der Vorgang ist dabei der, dass beim allmählichen Entstehen des Wasserstoffs immer 2 Atome desselben ein Atom des Sauerstoffmoleküls an sich reissen und damit Wasser bilden, während nun das andere Atom Sauerstoff im freien Zustande zu den kräftigsten Oxydationen befähigt ist. Hoppe-Seyler[1]) hat neuerdings gezeigt, dass auch auf anderem Wege entstandener Wasserstoff solche den Sauerstoff activirende Kraft besitzt; so vermag der aus Palladiumwasserstoff durch Dissociation allmählich austretende Wasserstoff bei Gegenwart von Sauerstoff energische Oxy-

1) Zeitschr. f. physiol. Chemie. II. 22. — Vgl. Baumann, ibid. V. 244.

dation auszuführen; und ähnlich ist die Wirkung des Phosphors auf den Sauerstoff zu erklären.

Unter dieser Annahme wird es dann verständlich, weshalb bei Sauerstoffzutritt die Fäulniss so völlig anders verläuft, als bei Luftabschluss. Nicht nur, dass die eigentlichen Reductionsproducte, wie H, H_2S, nicht zu Tage treten, sondern der Oxydation anheimfallen; auch eine Menge anderer Substanzen, die sonst dem geschlossenen Sauerstoffmolekül gegenüber bei gewöhnlicher Temperatur völlig resistent sind, werden nun von dem activirten Sauerstoff angegriffen und in einfachste Verbindungen übergeführt. Die Zerstörung der fäulnissfähigen Stoffe erfolgt so in gleich vollständiger Weise wie bei der Zerlegung im lebenden thierischen Organismus oder auch in Spaltpilzen, die bei Sauerstoffzufuhr in normaler Weise die gebotenen Nährstoffe oxydiren. Zuweilen werden auch wirklich an der Oberfläche der Faulflüssigkeit angesiedelte Spaltpilze — oder auch, wenn es die Umstände begünstigen, Spross- oder Schimmelpilze — sich von den Gährproducten nähren und diese zu einfachsten Verbindungen verbrennen; nur ist es nicht wohl wahrscheinlich, dass auf diese Weise bei Sauerstoffzutritt das Verschwinden der gesammten riechenden Producte und der Process der geruchlosen Verwesung zu Stande komme; denn für gewöhnlich steht die Menge der Fäulnissproducte und die der aëroben, die Producte verzehrenden Pilze in keinem Verhältniss. Der wesentlichste Antheil an der Oxydation und an der Bildung der Verwesungsproducte dürfte vielmehr in fast allen Fällen dem bei den Gährungsprocessen entstehenden Wasserstoff und dessen activirender Wirkung auf den Sauerstoff zukommen.

Nothwendig gehört zur vollkommenen Verwesung, d. h. zur Fäulniss ohne jede Entwicklung von riechenden Gasen und von Reductionsproducten, eine innige Berührung des Fäulnissmaterials mit Luft; diese ist z. B. gegeben in porösem Boden, wo bekanntlich eine äusserst vollständige und rasche Oxydation organischer Substanzen eintritt, während in der Mehrzahl der practisch vorliegenden Fälle ein Gemisch von Fäulniss und Verwesung im todten organischen Material auftritt. In den oberen Schichten einer Flüssigkeit, an der Oberfläche einer Leiche kann Verwesung erfolgen, während in tieferen Schichten Fäulnissprocesse von solcher Ausdehnung und Intensität sich abspielen, dass Producte der echten Fäulniss neben den Verwesungsproducten auftreten. Im Boden scheinen die Bedingungen zur Verwesung am günstigsten; namentlich in leicht durchgängigem und zeitweise durchfeuchtetem Boden geht ge-

radezu eine Mineralisirung organischer Substanzen in sehr vollkommener Weise von statten, so dass bald weder NH_3 noch H_2S, noch complicirtere C-Verbindungen vorhanden sind, sondern nur noch Nitrate, Sulfate und Kohlensäure.

Diese Art von Zersetzung sehen wir beispielsweise auch bei den Erdclosets, bei den Rieselfeldern u. s. w. Allerdings ist eine so rasche Mineralisirung nur dann der Fall, wenn im Boden eine gleichmässige lockere Vertheilung des Materials stattfindet; bleiben compactere Massen bestehen, so pflegen ebensowohl Fäulnissprocesse einzutreten und wenn Leichen im Boden rasch verwesen, so beruht dies grossentheils mit auf der Betheiligung höherer thierischer Organismen, denen die Cadaver als Nahrung dienen und die in ihrem Körper eine Oxydation dieser Nährstoffe veranlassen, welche mit der Verwesung weitgehende Analogieen hat. (Vgl. Abschnitt „Beerdigungswesen“.)

Auch bei der Zersetzung im Boden treten übrigens häufig einige noch nicht genügend definirbare Producte auf; so namentlich bei der Zerstörung von Pflanzentheilen, die überwiegend aus Cellulose bestehen. Hier entstehen die Huminsubstanzen; und bei Luftabschluss, in Sümpfen reichlich CH_4. Man bezeichnet diese Zersetzung pflanzlicher, N-armer Substanzen speciell als „Vermoderung“; doch ist dieser Begriff seinem chemischen Inhalt nach nicht vollständig klar. Auch die Bezeichnung „Verwesung“ wird gegenwärtig noch für mehrere verschiedenartige Processe gebraucht; so wendet sie Nägeli für die Zerstörung organischer Substanz durch Schimmelpilze an. Hier aber besteht keine eingreifende Gährwirkung, sondern nur eine allmähliche Consumtion der gebotenen Nährstoffe, und daher ist der Name wohl besser beizubehalten für die Fäulniss unter Sauerstoffzutritt, bei welcher gelegentlich — wenn Concentration und Reaction des Mediums begünstigend wirken — natürlich auch durch die Schimmelpilze ein Beitrag zur vollständigeren Decomposition des Materials geliefert werden kann. Unter besonderen Umständen, wenn es an gährtüchtigen Pilzen, oder an gährfähigem Material oder an sonstigen Bedingungen für Gährvorgänge fehlt, spielt die Consumtion der organischen Substanz durch Schimmel-, Spross- und Spaltpilze die Hauptrolle; die Zerstörung muss dann aber entsprechend langsam verlaufen und die gewöhnlichen Stoffwechselproducte der niederen Pilze liefern. Mit Unrecht würde man einen solchen Vorgang noch den Gährungs- oder Fäulnissprocessen zurechnen.

ε. Die Oxydation des Alkohols zu Essigsäure. Als Essiggährung bezeichnet man den Vorgang, durch welchen Aethylalkohol in Essigsäure umgewandelt wird, und welcher in der Gleichung:

$$\underbrace{CH_3 . CH_2 . OH}_{\text{Aethylalkohol}} + O_2 = \underbrace{CH_3 . COOH}_{\text{Essigsäure}} + H_2O$$

seinen Ausdruck findet. In ähnlicher Weise soll nach Nägeli auch Methylalkohol zu Ameisensäure oxydirt werden. Die Sauerstoffaufnahme kommt in sehr geringem Grade zu Stande, wenn Alkohol auf grosser Oberfläche — Hobelspänen, Filterpapier u. s. w. — ausgebreitet

der Luft ausgesetzt wird; in höherem Grade, wenn Platinschwamm, Kohle oder ähnliche poröse Körper die Uebertragung des Sauerstoffs vermitteln; besonders energisch aber, wenn die Entwicklung eines bestimmten Pilzes in dem alkoholischen, wo möglich auf grosser Oberfläche vertheilten Substrat stattgefunden hat. Ueber die morphologischen Merkmale dieses Pilzes, sowie über den näheren physiologischen und chemischen Vorgang bestehen noch mancherlei Zweifel. Der eigentlich wirksame Pilz scheint zu den kurzen Stäbchenbacterien zu gehören; er entwickelt sich an der Oberfläche der alkoholischen Flüssigkeiten und bildet eine mehr oder weniger ausgedehnte und zähe Gallertmasse, in welche die Mehrzahl der Zellen so eingebettet ist, dass sie der weiteren Berührung mit der Luft entzogen sind. Daneben finden sich meist noch andere Pilze; oft siedelt sich im Anfang Mycoderma in überwiegender Zahl an, so dass früher dieser Pilz als Erreger der Essiggährung angesprochen wurde (s. S. 85). Nach Nägeli soll aber Mycoderma dem Essigpilz nur insofern häufig den Boden bereiten, als er bei einem starken Gehalt des Gährmaterials an Fruchtsäuren, welcher der Entwicklung des Spaltpilzes hinderlich sein würde, diese verzehrt und das Medium dadurch entsäuert. Doch befriedigt diese Erklärung der oft beobachteten eigenthümlichen Aufeinanderfolge beider Pilzarten nicht vollkommen, da ja gerade der Essig-Spaltpilz in weit höherem Grade als andere Spaltpilze essigsaure Reaction der Nährflüssigkeit zu ertragen vermag.

Die Entwicklung des Essigpilzes findet nur statt, wenn die üblichen Nährstoffe, N-haltige Substanzen und Salze, vorhanden sind. Das Gährmaterial, der Alkohol, darf in nicht zu grosser Concentration (höchstens 10%) vorhanden sein. Besonders günstig geht die Entwicklung des Essigpilzes vor sich, wenn eine gewisse Menge Essigsäure (1—2%) bereits vorhanden ist. Unter + 10° und über 35° hört die Essigbildung auf; das Optimum liegt zwischen 20—30°; durch Erhitzen der Gährflüssigkeit auf 60° (20 Minuten lang) wird die Gährwirkung in einem Substrat dauernd aufgehoben, falls nicht neue Pilzkeime hineingelangen. Ueber die sonstigen im Gährgemisch auftretenden Producte ist nichts bekannt; nach Nägeli soll der Essigpilz ausserordentlich geringe Mengen von CO_2 und H_2O bilden.

Nach den wenigen sicheren Beobachtungen, die über die Essiggährung vorliegen, scheint diese sich somit wesentlich anders zu verhalten, als die übrigen Gährungen. Eine tiefere Zersetzung des Alkoholmoleküls, eine stärkere Bildung von CO_2 findet nicht statt; die Essigbildung verläuft weit weniger stürmisch als die anderen Gährvorgänge; derselbe Effect wird durch Platinschwamm und Kohle erzielt. Dies alles hat Pasteur auf den Gedanken geführt, dass die Essigbildung nicht eigentlich eine phy-

siologische Leistung des Pilzes sei, sondern dass derselbe dabei nur sauerstoffübertragend, in ähnlicher Weise wie Platinschwamm wirke. Allerdings hat Mayer dagegen geltend gemacht, dass das Optimum der Wirkung beim Essigpilz ganz anders liege, als bei der Essigbildung durch Platinschwamm; dass letztere noch durch eine Temperaturerhöhung gesteigert werde, die dem Pilze verderblich sei. Aber es ist selbstverständlich, dass auch eine sauerstoffübertragende Wirkung an eine gewisse grosse Zahl intacter Pilzzellen gebunden sein und dass diese Wirkung der lebenskräftigen Entwicklung des Pilzes einigermassen parallel gehen müsste. Dass ferner specifische Formen bei der Essigbildung gefunden werden, kann ebenfalls die Pasteur'sche Anschauung nicht alteriren; denn die Existenzbedingungen für die bei der Essigbildung betheiligten Pilze sind so eigenthümliche, sowohl durch den Alkohol-, wie durch den Essigsäuregehalt des Mediums, dass jedenfalls nur wenige Formen dabei in Concurrenz treten können. Ob aber thatsächlich nur eine oder mehrere Formen betheiligt sind, das ist erst durch weitere Reinculturen festzustellen.

Liegt andererseits eine physiologische Leistung bestimmter Pilze bei der Essigbildung vor, so dürfen wir auch erwarten, dass die Vermehrung der Pilze aufs engste mit ihrer Leistung verknüpft ist, dass noch andere Stoffwechselproducte gebildet werden, dass wenigstens theilweise eine weitergehende Oxydation der Essigsäure stattfindet. Und weiter fragt es sich dann, ob wir die Essigbildung wirklich als Gährung bezeichnen dürfen, oder ob dieselbe nicht einfach in der Weise aufzufassen ist, dass die Pilze unter anderen Nährstoffen auch den Alkohol aufnehmen und diesen, falls er in besonders reichlicher Menge geboten ist, nur zu Essigsäure oxydiren. Im letzteren Falle wird die Pasteur'sche Uebertragung des Sauerstoffs in die Zelle verlegt; der Alkohol fungirt als Nährstoff, der, in geringer Menge in einem Nährgemisch geboten, von den verschiedensten Pilzen verzehrt und verbrannt wird; der aber in stärkerer Concentration nur wenigen Pilzen die Vegetation gestattet und dann nicht mehr in der ganzen die Zellen passirenden Menge bis zu den sonst üblichen Endproducten verbrannt wird. Als Gährung im gebräuchlichen Sinne wird man diese Oxydation des Alkohols erst bezeichnen können, wenn nachgewiesen ist, dass relativ sehr grosse Mengen des Materials in kurzer Zeit verarbeitet werden, dass fast das ganze Gährmaterial die unvollständige Oxydation erleidet und dass diese Stoffmetamorphose von den gewöhnlichen physiologischen Vorgängen genug abweicht, um sie als besondere Function dem assimilirenden und destruirenden Stoffwechsel gegenüberzustellen. — Der Entscheid über diese Fragen wird erst durch weitere Untersuchungen zu liefern sein. Liegt wirklich eine Gährung vor, dann ordnet sich der ganze Vorgang der Essiggährung noch weitaus am besten der unten entwickelten Nägeli'schen Theorie der Gährung unter.

Fasst man zunächst den chemischen Vorgang bei den beschriebenen Gährungen ins Auge, so lassen sich einige allgemeine Gesichtspunkte auffinden, die bei allen echten Gährungen zur Geltung kommen[1]). Durchweg wird CO_2 gebildet; dazu sind neue Bin-

1) Hoppe-Seyler, Physiol. Chemie, S. 124. — Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 12. 1.

dungen zwischen C und O erforderlich, und diese werden ermöglicht, indem Bindungen zwischen O und H, C und H, C und C gelöst werden. Bei der Vergährung der Ameisensäure $H-C\begin{smallmatrix}\nearrow O \\ \searrow O-H\end{smallmatrix}$ wird die Bindung des O und H-Atoms in der Hydroxylgruppe und ebenso die des H und C-Atoms zerrissen; die frei gewordene Haftstelle des O-Atoms lagert sich an die gleichfalls frei gewordene Haftstelle des Kohlenstoffs; die gelösten H-Atome verbinden sich mit einander. So entsteht CO_2 und H_2. In ähnlicher Weise geht bei allen Gährungen eine Wanderung des O-Atoms vom H zum C vor sich, während andererseits durch Lösung von C—H und C—C-Bindungen Platz für die neue Haftung des O am C geschafft wird. Kurz, es wird die Gruppe Carboxyl gebildet, während andererseits reducirende Atomcomplexe, H—H oder C—H-Verbindungen auftreten. Bei der ganzen Bewegung werden stärkere Affinitäten gesättigt und es wird Energie frei. Jedoch findet die Wanderung des O-Atoms, die zum Zerfall des Moleküls führt, nur dann statt, wenn das Molekül nicht zu gross ist im Verhältniss zu der Zahl der verschiebbaren O-Atome. Sind — wie in vielen Benzolderivaten, in den höheren Fettsäuren — zahlreiche C-Atome mit einander verbunden, während nur eine O—H-Gruppe vorhanden ist, die in Carboxyl übergehen kann, so findet überhaupt keine solche Wanderung im Molekül statt; sie wird dagegen wieder möglich, wenn *mehrere* O-Atome neue C-Bindungen eingehen können, so bei der Vergährung der Glycosen, wo innerhalb der 6 C-Atome 3 Carboxylbindungen stattfinden und zum Zerfall des relativ grossen Moleküls führen. Bei der Essigsäure tritt aus demselben Grunde eine Vergährung schon schwierig und bei der Propionsäure noch schwieriger ein; denn hier ist wie bei der Ameisensäure nur ein O-Atom zur Carboxylbildung befähigt, aber das Molekül schon erheblich grösser; dagegen wird eine Vergährung wieder leichter zu Stande kommen bei den Oxysäuren (Glycolsäure, Milchsäure u. s. w.), weil bei diesen eine zweite Hydroxylgruppe und damit ein zweites verschiebbares O-Atom auftritt. Sonach werden überhaupt *nicht gährfähig* sein: Kohlewasserstoffe, Amine, die überhaupt keinen O enthalten; ferner die grossen und O-armen Moleküle der höheren Fettsäuren und der Benzolderivate (letztere nur bezüglich des Benzolkerns, während natürlich in den Seitenketten eine O-Wanderung und Spaltung erfolgen kann). *Gährfähig* dagegen müssen unter Anderen sein: die mehrwerthigen Alkohole; die niederen einbasischen Fettsäuren bis zur Propionsäure; die Oxysäuren und mehrbasischen Säuren der Fettreihe; die Kohlehydrate und die Eiweissstoffe.

Die wesentlichsten nicht mehr weiter vergährbaren Producte, die nach dieser Auffassung bei der Gährung entstehen müssen, sind CO_2, die immer, H, der häufig gefunden wird; ferner bildet sich CH_4 (aus essigsaurem Kalk, aus Cellulose); dann niedere Alkohole (Aethylalkohol bei der Vergährung von Glycose durch Hefe, von Glycerin, Mannit, Milchzucker, Dextrin, Stärke durch Spaltpilze; Methylalkohol aus glycerinsaurem Kalk; Prophylalkohol aus Glycerin; Butylalkohol aus Glycerin und Mannit); ferner Fettsäuren (Propionsäure aus milchsaurem, äpfelsaurem und weinsaurem Kalk; Buttersäure aus Glycerin, Stärke, Dulcit, milchsaurem, äpfelsaurem und weinsaurem Kalk; Valeriansäure aus milchsaurem Kalk; Bernsteinsäure aus äpfelsaurem Kalk und Erythrit); endlich Amidosäuren und aromatische Producte bei der Fäulniss der Eiweisskörper. Zuweilen treten allerdings auch Producte auf, die eigentlich einer weiteren Vergährung fähig sind, z. B. Ameisensäure (aus glycerinsaurem Kalk) Essigsäure (aus glycerinsaurem, citronensaurem und weinsaurem Kalk), Milchsäure (aus Zucker und äpfelsaurem Kalk), Glycerin (aus Zucker durch Hefe). Körper der letzten Gruppe werden dann auftreten, wenn die Bedingungen zu ihrer weiteren Vergährung und namentlich die erforderlichen Gährungserreger im Gährgemisch fehlen.

Der gesammte chemische Process der Gährung kommt zweifellos nur zu Stande unter dem directen Einfluss lebender Mikroorganismen; namentlich kann man nicht annehmen, dass ein von den Organismen trennbares Ferment, ein chemischer Körper von bestimmter Zusammensetzung, die wahren Gährungen auszuführen vermag. Die in der Einleitung näher besprochenen Versuche, in denen es gelang, exquisit gähr- und fäulnissfähige Substanzen beliebig lange zu conserviren, wenn man lediglich den Zutritt von Organismen verhinderte, aber die Substanzen in Berührung mit dem Sauerstoff der Luft liess und jeden sonstigen, die Fäulniss etwa hemmenden Eingriff vermied, liefern den völlig sicheren Beweis, dass ohne lebende Mikroorganismen niemals Gährung eintritt. Die Versuche mit gegentheiligem Resultat sind durch die zahlreichen übereinstimmenden und gar nicht anzuzweifelnden Ergebnisse der Meissner'schen Experimente endgültig widerlegt. Weiter hat man beobachten können, dass die Intensität der Gährung der Entwicklung der Mikroorganismen im Gährgemisch parallel geht; dass die Gährungen am besten bei einer Temperatur von 35—40° verlaufen, die mit dem Optimum der Temperatur für die Lebensfunctionen der Pilze übereinstimmt; dass die exquisit physiologischen Gifte, wie Chloroform, Aether, Blausäure schon in geringer Dosis die Gährung zu hindern vermögen. Endlich

besteht die Zerlegung des Gährmaterials bei der Gährung in einer so tiefgreifenden Umwandlung, dass nur durch die stärksten chemischen Agentien ein annähernd gleicher Eingriff erzielt werden kann. — Es liegt auf der Hand, wie völlig abweichend die Wirkung der bekannten isolirbaren Fermente ist; es wurde oben ausgeführt, wie dieselben nur hydrolytische Spaltungen ausführen, wie das Optimum ihrer Wirksamkeit bei etwa 60° liegt, wie sie gegen die physiologischen Gifte unempfindlich sind. Von einer ausgesprochenen Analogie zwischen der hydrolytischen Spaltung und der eigentlichen Gährung kann nicht die Rede sein; und nichts berechtigt daher, aus einer solchen supponirten Analogie den Schluss zu ziehen, dass auch die Gährungsprocesse demnächst auf chemische Fermente sich werden zurückführen lassen, die nur schwerer von den lebendigen Mikroorganismen zu trennen sind, in welchen sie ihre Entstehung finden.

Ist somit kein begründeter Zweifel mehr darüber gestattet, dass wir die Gährungen als physiologische Leistung der Mikroorganismen aufzufassen haben, so ist es andererseits sehr schwierig, die Art und Weise dieses physiologischen Actes näher zu präcisiren und sein Verhältniss zu den sonstigen Lebensfunctionen der Pilze klar zu stellen.

Bei den zur Gährung befähigten Pilzen kann der Stoffwechsel in verschiedener Weise verlaufen; entweder befinden sich dieselben in einem nährenden, aber nicht vergährbaren Medium (wie Hefe in Milchzuckerlösung); sie verhalten sich dann wie nicht gährfähige Pilze, assimiliren ihre Nahrung, wachsen und vermehren sich, zersetzen die Nahrung in ihrem Protoplasma, und bilden unter O-Aufnahme die früher geschilderten Stoffwechselproducte. Oder es fehlt in demselben Medium nur an Sauerstoff; dann kann eine Zeit lang die intramolekuläre Athmung mit ihrem geringfügigen destruirenden Stoffwechsel das Leben der Pilze unterhalten. Oder drittens, es ist ein dem betreffenden Pilze adäquates Gährmaterial vorhanden; dann tritt unter lebhafter Vermehrung umfangreiche Zersetzung des Materials ein; bei der Mehrzahl der Pilze in jedem Falle, sobald die übrigen Lebensbedingungen günstig liegen, bei einigen (Bac. butyricus) nur so lange, als gleichzeitig Sauerstoffmangel besteht.

Die Zerlegung des gebotenen Materials durch Gährung weicht nun in mancher Beziehung von dem gewöhnlichen Stoffwechsel ab. Es werden dabei sehr viel grössere Mengen von Stoffen verarbeitet, als sonst zur Ernährung der gleichen Pilzmenge verbraucht werden können. Ferner ist die Zerlegung eine relativ unvollständige; beim Athmungsstoffwechsel werden die Nährsubstanzen zu einfachen Ver-

bindungen oxydirt; bei der Gährung aber bleiben die Stoffe des Nährmediums zum grössten Theil complicirte Moleküle und nur einzelne einfachere Gruppen werden abgespalten. Endlich ist bei den Gährungen der Sauerstoff nicht wesentlich an der Zerlegung der Stoffe und namentlich an ihrer Ueberführung in die Endproducte betheiligt, wie es bei der Athmung der Fall ist, sondern die ganze Zerlegung vollzieht sich oft ohne jede Mithülfe des Sauerstoffs, der nur secundär eingreift und dann Oxydationen veranlasst.

Diesen Differenzen zwischen dem gewöhnlichen Stoffwechsel und der Gährung entspricht die Thatsache, dass manche chemische Stoffe nährend wirken, ohne als Gährmaterial fungiren zu können, und umgekehrt; so kann die Ameisensäure nicht als Nährstoff dienen, wird aber durch Gährung zerlegt, und die Benzolderivate und höheren Fettsäuren widerstehen der Gährung, sind aber theilweise gute Nahrungsmittel.

Die Spaltung der gährfähigen Substanzen bildet aber niemals den einzigen physiologischen Act der betheiligten Pilze. Nebenher muss selbstverständlich die Ernährung, das Wachsthum und die Vermehrung der Zellen vor sich gehen; und dafür reichen meist die Gährstoffe nicht aus, sondern Salze, N-Substanzen und zuweilen auch C-Substanzen müssen den Pilzen ausserdem zu Gebote stehen; bei O-Abschluss ist sogar die Anwesenheit besonders guter N-haltiger Nährstoffe unbedingtes Erforderniss für ein fortgesetztes Gedeihen. Ferner muss das Protoplasma bei seiner Thätigkeit wie immer sich abnutzen, und es müssen die Producte des destruirenden Stoffwechsels auftreten, nur dass auch hier der O-Mangel eine Conformität dieser Producte mit denen der intramolekulären Athmung bewirkt. Gerade der Fortgang dieses assimilirenden und destruirenden Stoffwechsels ist es ja, für den eigentlich durch die Gährung die nothwendigen Betriebskräfte beschafft werden, wenn auch die Summe von Material, welche direct für diesen Stoffwechsel verwandt wird, im Verhältniss zu dem Verbrauch der Gährsubstanz sehr gering zu sein scheint; nach PASTEUR beziffert sich z. B. bei einer energischen Vergährung des Zuckers durch Hefe die Menge des zur Ernährung verwendeten Zuckers auf nur 1% der vergohrenen Masse.

Zeigt es sich so, dass die Gährungsvorgänge bis zu einem gewissen Grade neben dem gewöhnlichen Stoffwechsel hergehen, so liegt weiter die Frage nahe, ob es denn zum Zustandekommen der Gährungen erforderlich ist, dass das Gährmaterial gerade wie die Nährstoffe nicht nur in unmittelbarste Berührung, sondern auch in eine lockere Verbindung mit dem Protoplasma tritt, und das Innere

der Zellen passiren muss, oder ob die Zerlegung etwa auch ausserhalb der Zellen vor sich gehen kann und eine weniger innige Berührung des Protoplasmas mit den Gährstoffen zu ihrer Spaltung ausreicht. Diese Frage ist noch nicht endgültig zu entscheiden; die grosse Masse des in der Zeiteinheit zerlegten Materials lässt allerdings vermuthen, dass es bei der Gährung zu einer chemischen Verbindung zwischen Protoplasma und Gährstoffen und zu deren steter Zersetzung und Neubildung nicht kommt, sondern dass dieser Modus auf die gewöhnlichen Ernährungs- und Athmungsvorgänge der Zellen beschränkt ist. Nägeli hat sogar einige ganz bestimmte Gründe dafür vorgebracht, dass auch ausserhalb der Zelle (aber freilich in deren nächster Umgebung) gelagerte gährfähige Moleküle durch die Bewegungen im Protoplasma zur Spaltung gebracht werden können. Dies zeigt zunächst die Bildung von Essigäther, die häufig die Alkoholgährung begleitet; Essigäther bildet sich nicht, wenn präformirte Essigsäure im Gährgemisch vorhanden ist; Essigsäure und Alkohol müssen vielmehr im status nascendi mit einander zusammentreffen; würden beide von den gleichen Spaltpilzen erzeugt, so wäre ihre Entstehung und Vereinigung innerhalb der Zelle denkbar; nun aber wird der Alkohol von Hefezellen, die Essigsäure von Spaltpilzen gebildet; eine Verbindung beider ist also nur möglich, wenn beide Componenten ausserhalb der Zellen entstehen. Ferner beobachtete Nägeli, dass Spaltpilze Lakmusfarbstoff zu reduciren und zu entfärben vermögen, obwohl sich nachweisen lässt, dass der Farbstoff das lebende Plasma der Zellen nicht zu durchdringen vermag. Weiter sprechen zahlreiche Beobachtungen dafür, dass die geistige Gährung im Fleisch unverletzter Früchte durch die auf der Fruchtschale sitzenden Hefezellen geschieht; und endlich erklärt Nägeli die Thatsache, dass in einer an Sprosspilzen reichen Zuckerlösung beigemengte Spaltpilze allmählich zu Grunde gehen, in der Weise, dass die Bewegungen, welche vom Plasma der Hefezellen auf die Zuckermoleküle übergehen, sich schliesslich auch auf die Spaltpilze fortsetzen und so diese, auf andersartige Bewegungszustände angewiesenen Organismen schwächen. Darauf gründet sich eine unten näher zu besprechende Methode der Reincultur von Hefe und anderen Gährungsorganismen.

Auch diese von Nägeli zusammengestellten Beobachtungen geben indess noch keinen sicheren Aufschluss über das Zustandekommen der Gährwirkung. Bezüglich der Essigätherbildung ist es immerhin doch denkbar, dass die gleichen Spaltpilze beide Componenten produciren, da man weiss, dass die Alkoholbildung durchaus nicht auf

Sprosspilze beschränkt ist und z. B. Glycerin — ein stets bei der Hefegährung vorhandener Körper — nach den Versuchen von FITZ in der That durch Spaltpilze unter Bildung von Alkohol und Essigsäure zerlegt wird. Auch die anderen von NÄGELI angeführten Gründe lassen noch Einwände zu; aber im Ganzen erscheint die NÄGELI'sche Ansicht einstweilen jedenfalls als die am besten gestützte und daher wahrscheinlichste Hypothese über den Act der Gährung. Nach derselben kommt dann die Gährungserregung dadurch zu Stande, dass durch intramolekuläre Thätigkeit im Protoplasma geeignete, intensive Bewegungszustände geschaffen werden, und dass andererseits ausserhalb der Zellen chemische Moleküle vorhanden sind, welche durch diese Bewegungen in lebhafte Mitschwingung versetzt werden, so zwar, dass Zerfall des Moleküls resultirt. Nicht zur Gährungserregung befähigt sind solche Organismen, in deren Plasma ungeeignete, unzureichende Schwingungen auftreten; durch Gährung zerlegbar sind nur solche chemische Stoffe, welche leicht in Mitschwingung versetzt werden.

Uebrigens ist damit nicht ausgeschlossen, dass nicht ein Theil der Zerspaltungen innerhalb der Zellen vor sich geht; bei manchen Gährungen mag dies sogar vorwiegend der Fall sein. Vielleicht würde eine derartige Verschiedenheit das eigenthümliche Verhalten des Sauerstoffs erklären, der im grossen Ganzen die Gährungen begünstigt, zuweilen aber und bei gewissen Gährungen (Bac. butyricus) stets hemmend auftritt. Man kann sich vielleicht vorstellen, dass die intracellulare Gährung, die nur als eine erweiterte intramolekuläre Athmung anzusehen ist, durch den Sauerstoffzutritt unterdrückt wird, und dass diese Hemmung beispielsweise dann beobachtet wird, wenn nur geringe Gährstoffmengen intracellular zerlegt werden; dagegen scheint in die ausserhalb der Zelle vor sich gehenden Spaltungen der Sauerstoff in keinem Falle störend einzugreifen (PFEFFER, l. c. S. 368). — Ueber die früher aufgestellten Theorieen der Gährung vgl. S. 21.)

7. *Die Krankheitserregung.*

Die bedeutungsvollste Eigenthümlichkeit der niederen Pilze ist die, dass sie unter Umständen als Parasiten auf lebenden höheren Organismen wachsen können. Mit einem solchen Parasitismus ist zwar nicht schlechthin der Begriff der Schädigung des Wirths verbunden, da man in der Neuzeit sogar hier und da beobachtet hat, dass z. B. chlorophyllführende Schmarotzer ihren chlorophylllosen Wirthen vortheilhaft werden können; aber diese Fälle gehören zu den seltensten Ausnahmen, und gewöhnlich geht die Ansiedlung der Parasiten und namentlich der als Parasiten fungirenden Pilze mit mehr oder weniger schwerer Schädigung des beherbergenden Organismus einher. Eine Reihe der verheerendsten Krankheiten der Pflanzen,

Thiere und Menschen sind auf parasitäre Pilze mit aller Sicherheit zurückgeführt; und unsere Studien über die Morphologie und Biologie der niederen Pilze finden in der Krankheitserregung derselben ihr hervorragendstes Motiv und ihr eigentliches Ziel. Dennoch gehört eine ausführlichere Erörterung dieses Themas nicht in diese Darstellung; dasselbe findet vielmehr seine eingehende Erledigung in einem anderen Abschnitt dieses Handbuchs (s. „Volkskrankheiten"), und es sollen daher hier nur einige allgemeine Gesichtspunkte aus dem Gebiet der Krankheitserregung der Pilze kurz berührt werden.

Die 3 grossen Klassen der niederen Pilze verhalten sich in ihrer Bedeutung als Krankheitserreger ausserordentlich verschieden, und verlangen daher eine gesonderte Betrachtung.

α) Die Schimmelpilze als Krankheitserreger. Die Schimmelpilze werden hauptsächlich höheren Pflanzen gefährlich. Sie vermögen sich im Gewebe der lebenden Pflanzen zu verbreiten, indem ihre Mycelfäden zwischen den Zellen verlaufen, häufig aber auch die Zellwände durchbohren; diese letzte Art der Verbreitung macht es wahrscheinlich, dass die schmarotzenden Pilze ein Cellulose lösendes Ferment absondern.

Die Art der Wirkung der parasitirenden Pilze ist dann eine sehr verschiedene. Zuweilen verzehrt der Pilz nach und nach das ganze umliegende Gewebe, so dass eine Pilzmasse, aus Mycelien und Sporen bestehend, geradezu an Stelle des ursprünglichen Pflanzentheils tritt (Ustilagineae, Exoascus); oder die locale Veränderung besteht in einer starken Wucherung des Parenchyms, die zu allerlei Geschwülsten und Gestaltveränderungen führt (Chytridiaceae, Cystopus u. s. w.); oder endlich die localen Veränderungen sind weniger augenfällig, dafür aber tritt eine allmähliche Degeneration der umliegenden Gewebe ein, die sich durch Verfärbung und Bräunung der ergriffenen Zellen kundgiebt. In den weitaus meisten Fällen pflegt so die Infection zum Absterben der Pflanze oder zum Absterben und Degeneriren der Früchte zu führen.

Unter der grossen Zahl von Schimmelpilzen sind es relativ wenig Arten, denen überhaupt eine solche pathogene Wirkung zukommt; man wird annehmen dürfen, dass gerade diese Arten mit besonders kräftigen Hülfsmitteln zur Durchdringung der Zellmembranen ausgestattet sind. Jede der pathogenen Arten ist aber wiederum nur auf eine oder wenige Pflanzenspecies übertragbar; und unter scheinbar gleichartigen Pflanzen zeigen sogar oft nur einzelne Individuen eine besondere Disposition zur Aufnahme eines parasitären Pilzes. Kleine Differenzen in der Structur der Oberhaut und der Zellwände,

Abweichungen in der chemischen Zusammensetzung des Zellsafts, stärkere oder geringere Energie des Wachsthums und des Stoffwechsels werden die Umstände sein, auf welche man die Zusammengehörigkeit gewisser parasitischer Pilze mit bestimmten Nährpflanzen, die Immunität anderer Pflanzen, kurz die individuelle Disposition zu den Infectionskrankheiten zurückführen kann. Besonders starken Widerstand scheint die Oberhaut der Pflanzen den Pilzen entgegenzusetzen; oft kann daher eine Infection nur erfolgen, so lange die befallenen Pflanzentheile sich im Jugendzustande befinden und noch zarte Oberhaut besitzen. So ergreifen die Ustilagineae, ferner Peronospora inf. nur junge Pflanzen resp. junges Saatgut; Hypoderma macrosporon dringt nur in junge Fichtennadeln ein. Oft muss auch eine äussere Verletzung der Oberhaut erst das Eindringen der Pilzfäden ermöglichen; Fumagoarten entwickeln sich nur an den von Blattläusen befallenen Stellen; bei einer Nectriaart, die den Fichtenrindenkrebs verursacht, müssen die Frassstellen einer Motte die Gelegenheit zum Eindringen der Keimschläuche geben; die Sporen von Trametes pini keimen nur an frischen Astbruchflächen und senden von da ihre Mycelfäden ins Holz hinein. Vielfach bieten auch nur bestimmte Theile der Pflanze Angriffspunkte und Ansiedlungsstätten für die Pilze. So befällt Claviceps die Blüthen, Exoascus die Früchte, Byssothecium die Wurzeln der durch diese Pilze krank gemachten Pflanzen.

Von den Pflanzen, die einer gefährdeten Art angehören, werden im Laufe eines Jahres gewöhnlich immer nur einige wenige ergriffen; selten, meist in Zwischenräumen von mehreren Jahren oder Jahrzehnten, kommt es aber zur epidemischen Ausbreitung einer Krankheit, obwohl manchmal nicht sofort einzusehen ist, warum sie nicht auch in den anderen Jahren dieselbe Wirkung geäussert hat, da doch stets Exemplare der Pflanze und gewiss auch lebenskräftige Individuen des pathogenen Pilzes vorhanden gewesen sind. Diese Erscheinung erklärt sich dadurch, dass zu der erwähnten individuellen Disposition der Pflanzen gewöhnlich auch noch eine örtliche und zeitliche Disposition hinzukommen muss. Letztere besteht für die meisten Schimmelpilz-Infectionen in einer anhaltenden stärkeren Feuchtigkeit der Luft und des Bodens, welche allein das Auskeimen der Pilzsporen gestattet. Die Ustilagineae, Claviceps und viele andere bedürfen einer solchen anhaltenden Feuchtigkeit; Peziza Willk., die den Lärchenkrebs verursacht, bildet nur bei feuchter Luft Fruchtträger. Oft kommt es auf die Dauer der nassen Periode an; so entwickeln sich Epidemieen der Rosellinia quercina nur bei anhal-

tendem Regenwetter; die Fruchtträger von Hypoderma macrosp. quellen und platzen nur bei mehrtägigem Regen. Zuweilen muss auch noch die Temperatur dem Keimen der Sporen besonders günstig sein, und eine Infection durch dieselben kann daher erst stattfinden, wenn passende Wärme und passende Feuchtigkeit zufällig zusammentreffen. — Weiter compliciren sich die Bedingungen einer erfolgreichen Infection noch dadurch, dass die oben erwähnte individuelle disponirende Gelegenheit zum Eindringen der Pilzfäden in die Pflanze gerade mit einem gewissen Entwickelungsstadium des Pilzes und somit mit den hierfür günstigen äusseren Umständen zusammenfallen muss. Die feuchte, warme Periode hat oft nur dann einen für den Parasiten günstigen Effect, wenn jugendliche Pflanzen vorhanden sind, oder wenn gleichzeitig Insecten Verletzungen der Oberhaut geschaffen haben, oder wenn durch Stürme und dergl. frische Astbrüche verursacht sind. Fehlen diese disponirenden Momente zur Zeit der feuchten Periode, oder tritt die letztere erst ein, wenn die betreffenden Pflanzen schon älter und mit festerer Oberhaut versehen sind, so kommt keine Infection zu Stande. — Hier und da spielen noch ferner liegende äussere Momente in das Zustandekommen und namentlich in die epidemische Ausbreitung der parasitären Pflanzenkrankheiten hinein. So hängt die Entwicklung der Uredineen mit ab von dem Zustande ihres zweiten Wirthes, auf den sie bei ihrem Generationswechsel angewiesen sind, und eine zufällige oder absichtliche Ausrottung der Berberitzensträucher lässt den Getreiderost aufhören; bei manchen Arten von Pilzen müssen gelegentliche Transportmittel die Verbreitung der Sporen unterstützen, so bei Phytophtora Fagi, wo passirende Menschen und Thiere diesen Transport übernehmen. Bei einigen endlich, welche nur aus nächster Nähe durch weiterkriechendes Mycel inficiren können, kommt alles auf die Gruppirung der infectionsfähigen Pflanzen an; nur wenn diese in dichter Berührung sich befinden, kann eine epidemische Ausbreitung erfolgen, während diese unmöglich ist, sobald andere, nicht infectionsfähige Pflanzenarten zwischen den Individuen der bedrohten Art vertheilt sind. — Es ist ersichtlich, dass unter voller Berücksichtigung dieser zahlreichen für das Zustandekommen der Epidemieen einflussreichen Momente das Kommen und Gehen, das An- und Abschwellen der parasitären Pflanzenkrankheiten sich wird erklären lassen, und dass zugleich diese Beobachtungen, die sich an den Pflanzen mit grosser Schärfe und Sicherheit machen lassen, von ausserordentlichem Vortheil sein müssen für das Verständniss der thierischen und menschlichen Seuchen, die mit jenen die weitgehendsten Analogieen bieten.

Von thierischen Organismen sind es hauptsächlich wirbellose Thiere, und unter diesen Insecten, die von parasitirenden Schimmelpilzen bewohnt werden. Die Infection erfolgt dabei stets durch Eindringen der Mycelfäden in die äussere, unverletzte Haut; bei Empusa radicans hat man durch Experimente nachweisen können, dass die Infection niemals vom Darm aus erfolgt. Oft findet der Eintritt an beliebiger Körperstelle statt, so bei Laboulbenia, die an Rücken, Kopf, Beinen und Flügeln der Fliege eindringen kann; zuweilen aber ist die Eintrittsstelle beschränkt; Empusa muscae z. B. vermag nur am Unterleib der Fliege einzudringen und bei Isaria findet die Infection der Raupen durch die Stigmen der Tracheen statt. — Die parasitirenden Pilze belästigen in einzelnen Fällen ihre Wirthe sehr wenig, so pflegt Laboulbenia muscae keine schädigende Wirkung auszuüben; meistens aber gehen die befallenen Insecten zu Grunde. Die eingedrungenen Pilzfäden wuchern dann durch Muskel- und Fettgewebe, schnüren im Blut gewöhnlich Conidien ab, und diese wachsen zum umfangreichen Mycel aus; es findet dabei eine fast völlige Consumtion der Stoffe des befallenen thierischen Körpers statt. Eine solche energische Wucherung ist nur dann denkbar, wenn die Ernährungsbedingungen, welche der Thierkörper bietet, dem Pilz ganz besonders günstig sind, wenn die thierischen Zellen nur mit sehr geringer Energie assimiliren, und Reactionsvorkehrungen mehr oder weniger fehlen. Derartige Verhältnisse scheinen bei den der Infection ausgesetzten Insecten vorzuliegen. Auch hier lassen sich aber noch besondere disponirende Momente unterscheiden; so hat man beobachtet, dass Botrytis Bassiana nicht alle Seidenraupen gleichmässig befällt, sondern vorzugsweise jugendliche Individuen und ferner solche, die durch schlechte Nahrung u. dergl. geschwächt sind. Lediglich durch zweckmässige Zuchtwahl lässt sich daher diese Krankheit schon bekämpfen.

Bei Fischen hat man eine Infection durch Saprolegnia beobachtet; der Pilz bewirkt aber erst sehr allmählich eine Störung der Hautthätigkeit und eine Affection der Kiemen. Bei Vögeln kommen ziemlich häufig Schimmelpilze in den Respirationsorganen vor; Bollinger (Lit. 153) ist neuerdings zu der Ansicht gelangt, dass diese Pilze meist nicht secundäre Ansiedler in den vorher erkrankten Organen sind, sondern primäre Krankheitserreger; sie entwickeln sich theils in der Trachea und in den Bronchien, theils auch im Lungengewebe und in den Luftsäcken, und sind die Ursache schwerer Respirationsbehinderung und des Todes der Thiere. Die bis jetzt gefundenen Formen waren Aspergillus und eine Mucorart; vermuth-

lich dieselben, die auch bei Säugethieren und beim Menschen wachsen. Bei letzteren trifft man Ansiedelungen von pathogenen Schimmelpilzen fast nur auf der äusseren Oberfläche des Körpers, wo dieselben Hautkrankheiten erregen (Favus, Herpes tonsurans u. s. w.). Ferner etabliren sich gewisse Aspergillus- und Mucorarten häufiger an Ansammlungen von abgestorbenen Gewebsresten, so im Zungenbelag, bei Magenerweiterung, in Cavernen; auch im äusseren Gehörgang und auf der cornea können sie gelegentlich sich entwickeln und dann Entzündung erregen. Werden Sporen der letztgenannten Arten Thieren (Kaninchen) in die Blutbahn injicirt, so entwickeln sich in den verschiedensten Organen, namentlich in den Nieren, kleine Herde, die aus dem Mycel des Pilzes bestehen. Sind sehr reichlich Sporen injicirt und massenhaft Mycelherde entwickelt, so gehen die Thiere zu Grunde. (Vgl. S. 61.) — Dass nur diese wenigen Schimmelpilzarten im Körper der höheren Thiere fortkommen, scheint wesentlich daran zu liegen, dass sie allein bei der hohen Temperatur der Warmblüter noch eine hinreichende Wachthumsenergie entwickeln, um mit den Zellen des Thierkörpers concurriren zu können. Die Beschränkung ihres Wachsthums auf die Oberflächen des Thierkörpers wird durch ihr starkes Sauerstoffbedürfniss erklärlich; im Innern der Organe bringen sie es nur zu einer geringfügigen Mycelbildung, die bald zerfällt und ohne Störung veranlasst zu haben wieder verschwindet, und die höchstens bei gleichzeitiger massenhafter Eruption Gefahr bringt. Zu einer Fructification und Vermehrung kommt es aber nur auf den der Berührung mit Sauerstoff exponirten Körperflächen.

Die Schimmelpilze spielen somit unter den Krankheitserregern der höheren Thiere eine nur unbedeutende Rolle; ihren Ernährungsbedingungen wird durch die hoch temperirten, eiweissreichen, schwach alkalischen Körpersäfte im Ganzen schlecht genügt, und ihr energisches, namentlich bei der Fructification gesteigertes Sauerstoffbedürfniss findet im Körperinnern keine Befriedigung. Dagegen gewährt die chemische Zusammensetzung wie die Temperatur der Pflanzensäfte den Schimmelpilzen bessere Existenzbedingungen, und hier wie bei den Insecten finden sie Gelegenheit, die kleine Masse der ergriffenen Körper rasch zu durchsetzen und so ihre Mycelfäden mit dem Sauerstoff der Luft wieder in Berührung zu bringen.

β) Die Sprosspilze als Krankheitserreger. Die Sprosspilze wurden auf Pflanzen niemals, auf Thieren höchst selten als Krankheitserreger beobachtet. Den einzigen Fall der letzten Art bietet der Soor, welcher durch Mycoderma vini bedingt sein soll.

(Vgl. S. 86.) Die Untersuchungen haben aber bis jetzt nicht mit zweifelloser Sicherheit ergeben, dass unter den zahlreichen Pilzformen, die sich im Zungenbelag bei Soor zu finden pflegen, die genannten Hefepilze als die eigentlich pathogenen zu betrachten sind. — Im übrigen kommen grössere Mengen von Hefezellen namentlich im Darmcanal vor, wo sie bei reichlicher zuckerhaltiger Nahrung noch eine Zeit lang Gährung unterhalten können.

γ) Die Spaltpilze als Krankheitserreger. Die Spaltpilze treten dadurch in einen gewissen Gegensatz zu den Schimmelpilzen, dass sie Pflanzen gar nicht, dagegen vorzugsweise warmblütige Thiere als Krankheitserreger befallen. Die niedere Temperatur und die chemische Zusammensetzung der Pflanzensäfte sind für die Entwicklung von Spaltpilzen sehr ungünstig; namentlich reagirt der Zellsaft fast stets deutlich sauer und schützt dadurch die Pflanze gegen die in dieser Beziehung so empfindlichen Spaltpilze. Ausserdem ist die Cellulose, welche jede einzelne Zelle umhüllt, für die meisten Spaltpilze nicht auflösbar und nicht durchdringbar; einige Arten vermögen zwar die abgestorbene Cellulose in Zucker zu verwandeln, aber auch diese Pilze scheinen unter den sonst ungünstigen Bedingungen nicht mit der lebenden Pflanzenzelle erfolgreich in Concurrenz treten zu können. In den warmblütigen Thieren finden dagegen die Spaltpilze eiweissreiche, schwach alkalische, etwa 37° warme Substrate, und somit die günstigsten Bedingungen zu ihrer Entwicklung und Vermehrung; und dem lebenden Thier drohen sie daher mit Gefahren, die um so viel schlimmer sind als die durch Schimmelpilze bedingten, um wie viel die Wachsthumsenergie dieser hinter derjenigen der Spaltpilze zurücksteht.

Unter den verschiedenen Spaltpilzformen giebt es dann aber ausserordentlich grosse Unterschiede in ihrer krankheitserregenden Wirkung. — Manche Spaltpilze können in grossen Mengen Thieren injicirt werden, oder in Secreten auf der Oberfläche des Körpers sich vermehren, ohne dass irgend eine Schädigung entsteht; solche Versuche sind beispielsweise mit Micrococcus luteus und mit vielen andern zufällig aufgefangenen und gezüchteten Pilzen ausgeführt. Alle diese bringen es überhaupt zu keiner Ansiedlung im Körper. Finden sie sich zufällig in todtem Material, das der Körperoberfläche anliegt, so dringen sie von da keinesfalls in das lebende Gewebe und schädigen dieses nicht im geringsten.

Andere Spaltpilzformen verbreiten sich zwar auch nicht im lebenden Gewebe des Körpers; aber sie können sich auf abgestorbenen Gewebstheilen, namentlich auf grösseren Wundflächen, ferner

auch bei pathologischen Zuständen im Inhalt des Darmtractus lebhaft entwickeln, und dann den Körper eventuell schädigen durch Bildung von giftig wirkenden Stoffwechselproducten. Diese giftigen, z. B. von einigen Fäulnisspilzen abgesonderten, löslichen Stoffe gelangen leicht in die Blutbahn und rufen unter Umständen Intoxicationserscheinungen hervor; allerdings nur dann, wenn eine grosse Wundfläche und eine massenhafte Entwicklung von Pilzen vorliegt. Nur dann ist die Menge der in der Zeiteinheit in den Körper gelangenden giftigen Substanz gross genug, um Intoxication zu bewirken, während kleine Quantitäten in Folge ihrer fortdauernden allmählichen Elimination aus dem Organismus wirkungslos bleiben müssen.

Die bisher erwähnten Pilze können demnach nur unter besonderen Umständen und in secundärer Weise Schädlichkeiten hervorrufen; ihnen gegenüber steht die grosse Gruppe derjenigen Pilze, welche das lebende thierische Gewebe anzugreifen und sich in demselben zu vermehren vermögen. Diese eigentlich pathogenen Pilze erregen Krankheiten, die man unter dem Namen „Infectionskrankheiten" zusammenfasst; gewöhnlich scheidet man letztere aber in 2 Gruppen, von denen die erste diejenigen Krankheiten umfasst, bei welchen die Infection von einer Wunde, einer Verletzung der äusseren Körperoberfläche ausgeht (sog. Wundinfectionskrankheiten), während bei der anderen Gruppe die Infection ohne merkliche äussere Verletzung vor sich geht. Hier und da greifen diese Gruppen in einander über, so dass die Eintheilung nicht als eine natürliche und scharfe anzusehen ist; namentlich scheinen die der zweiten Kategorie gewöhnlich zugerechneten Krankheitserreger oft durch kleinste Verletzungen der Schleimhäute oder auch der äusseren Haut ihren Eingang zu finden.

Einige Wundinfectionskrankheiten mögen hier zunächst als Beispiel der Verbreitungs- und Wirkungsart der pathogenen Pilze kurz skizzirt werden. Dieselben geben ein sehr verschiedenes Bild, je nachdem eine Verbreitung der pathogenen Pilze mehr local im Gewebe oder in den benachbarten Lymphgefässen stattfindet, oder aber auf die Blutgefässe und von da auf die verschiedensten Körperregionen übergreift. — Einige Pilze scheinen ihre Verbreitung in dem der Wunde zunächst liegenden Gewebe in der Weise zu bewirken, dass sie Stoffe absondern, welche das Gewebe nekrotisiren oder dadurch, dass sie mittelst anderer den lebenden Zellen schädlicher Einflüsse, z. B. durch Sauerstoffentziehung, die Zellen schwächen. Nur durch solche Hülfsmittel vermögen diese Pilze eine Concurrenz

mit den lebenden Zellen einzugehen; und eine erfolgreiche Infection findet daher meist erst dann statt, wenn eine grössere Zahl von Pilzen eingeführt wird oder in vorher geschädigtem Gewebe rasch zur Entwicklung kommen kann. — Ein Beispiel von allmählich fortschreitender Necrotisirung des Gewebes und Nachrücken der Pilzvegetation bietet z. B. die von Koch an Mäusen beobachtete progressive Gewebsnecrose. In derartigen Fällen muss dann entweder ein stetes Fortschreiten der Invasion zum Tode führen, oder es tritt eine so lebhafte Reaction, eine so massenhafte Neubildung von Zellen im Gewebe ein, dass die Entwicklung der Spaltpilze und die Production necrotisirender Ausscheidungen nicht damit Schritt halten kann; dann bezeichnet die Entzündung die Grenze und das Ende der Bacterienherrschaft. Je kleiner das Invasionsgebiet, je weniger energisch das Wachsthum der betreffenden Spaltpilzform, je grösser die Energie des Gewebes und der Reaction und je geringfügiger die Bedeutung des befallenen Organs — um so besser wird der muthmassliche Ausgang sein.

Eine andere Art der Vermehrung innerhalb des Gewebes scheint z. B. den Bacillen des malignen Oedems zuzukommen. Diese Pilze gehören, wie die Culturversuche ergeben, zu den Anaërobien und sind gegen Sauerstoffzutritt ziemlich empfindlich; sie können sich daher nicht im intacten Blut vermehren oder durch dieses sich verbreiten; sie entwickeln sich auch nicht auf minimale Impfungen hin und von kleinsten Wunden aus; sondern nur in etwas grösserer Zahl und wenn sie zunächst eine gewisse Menge mortificirten Gewebes vorfinden; auch nicht in offenen Wunden, sondern bei Sauerstoffabschluss fangen sie an sich zu vermehren. Unter günstigen Verhältnissen erzeugen sie dann bald eine Gährung, bei der Reductionsproducte und Wasserstoff reichlich gebildet werden, absorbiren dabei die letzten Sauerstoffreste der Umgebung, machen die Zellen, indem sie dieselben in solcher Weise zwingen unter ungewöhnlichen Verhältnissen zu existiren, weniger widerstandsfähig, und schaffen sich dadurch weiteres geeignetes Terrain zur massenhaften Verbreitung. Diese Bacillen setzen vermuthlich einen Körper von wenig lebhaftem Gasaustausch in den Geweben voraus; beim Menschen scheinen sie nur unter besonderen abnormen Verhältnissen zur Entwicklung zu kommen. Selten und wohl stets erst dann, wenn der ganze Körper sauerstoffarm geworden ist, verbreiten sie sich in den verschiedensten inneren Organen (bei Mäusen) und ihr lebhaftestes Wachsthum beginnt erst, wenn nach dem Tode die weitere Sauerstoffzufuhr aufgehört hat.

Auf anderem Wege, nämlich durch die Lymphgefässe, verbreiten sich z. B. die Mikrokokken des Erysipels. Auch diese trifft man niemals in den Blutgefässen, und demgemäss rufen sie eine local begrenzte Affection hervor, die sich allmählich in der Haut weiter fortschiebt. Lymphdrüsen scheinen der Weiterentwicklung der Mikrokokken häufig Hindernisse in den Weg zu legen; da der krankhafte Prozess oft rasch und plötzlich aufhört, da niemals Necrose des Gewebes eintritt, sondern nur Entzündung und starke Zellvermehrung erfolgt, da endlich die Mikrokokken immer nur in der letztergriffenen Partie, in der Randzone des Erysipels angetroffen werden, darf man wohl annehmen, dass diese Spaltpilzform im Ganzen schwierig aus der Concurrenz mit dem lebenden Gewebe als Sieger hervorgeht, und dass an der Erregung allgemeiner Krankheitserscheinungen secundäre Processe und vielleicht auch abgesonderte toxische Stoffe participiren.

Einige Pilze endlich — diejenigen, welche Septicämie und Pyämie bedingen — wachsen ausserordentlich leicht in den Körpersäften und namentlich im Blut. In den freien Strombahnen des letzteren vermehren sie sich am leichtesten und massenhaftesten; namentlich in den kleineren Gefässen und in den Capillaren findet man diese Pilze in solchen Mengen, dass sie hier und da die Gefässe vollständig ausfüllen oder dass die Blutkörperchen nur in eine grosse Masse von Bacterien eingebettet erscheinen. An den Wandungen der Gefässe bilden sie einen dichten Belag und dies in solcher Verbreitung, dass man bei Schnitten aus beliebigen inneren Organen in jedem Präparat fast sämmtliche Capillaren ausgekleidet findet. Manche Pilze greifen auch auf die farblosen Blutzellen über; in Präparaten von solchem Blut findet man grosse Plasmazellen ganz erfüllt von den Bacterien, andere trifft man im Stadium des Zerfalls, der offenbar durch diese Einwanderung bedingt ist (so bei der sog. Mäusesepticämie, S. 129). Durch diese ausgedehnte Verbreitung der Bacterien müssen nun in dem Stoffwechsel aller betheiligten Gewebe weitgehende Aenderungen eintreten; die Energie des von den Capillaren in die Gewebe hinein gerichteten ernährenden Stromes, die Fortführung der in den Gewebszellen gebildeten Stoffwechselproducte, der Gasaustausch im Gewebe müssen eine starke Alteration erfahren; mit der geänderten Ernährung der Zellen verschiebt sich dann deren Arbeitsleistung, zunächst meist in dem Sinne, dass massenhaftere Spaltung des vorhandenen Materials stattfindet, der aber wiederum kein entsprechender Ersatz zur Seite steht; ebenso geht die Neubildung von Zellen an Stelle der erschöpften und zu

Grunde gegangenen nicht in normaler Weise vor sich. So resultirt eine völlige Störung des Stoffwechsels und ein Versagen der sonst so exact functionirenden und für eine gewisse Breite der Alteration ausreichenden Regulirvorrichtungen des Körpers, und es treten die schweren allgemeinen Krankheitserscheinungen und die Temperaturerhöhung ein, die bald dem Leben ein Ende zu bereiten pflegen. — Einzelne hierher gehörige Mikroorganismen pflegen besonders leicht Verstopfung kleinerer Gefässe zu veranlassen, sei es durch ihre eigene massige Ansammlung, sei es durch Anhäufung von Zerfallsproducten, die aus Plasmazellen entstanden sind; in solchen Fällen kommt es stellenweise leicht zu einer Necrotisirung des umliegenden Gewebes und dann zu einer Entwicklung von Bacterien weit ins Gewebe hinein, das unter der directen Berührung mit den Pilzen noch weiterem Zerfall unterliegt. Zuweilen findet auch die lebhafteste Vermehrung der Bacterien im Capillarsystem eines oder einiger besonders disponirter Organe statt. So kommt es, dass hier und da locale Krankheitssymptome die allgemeinen Erscheinungen begleiten oder auch in den Vordergrund treten. Zuweilen endlich erfolgt vielleicht auch bei diesen Pilzen eine Absonderung toxischer Stoffe, die zur Complication des Krankheitsbildes beiträgt.

Vorzügliche Beispiele für die Verbreitungs- und Wirkungsweise der Mikroorganismen bei Septicämie und Pyämie liefern die von Koch an Thieren beobachteten Infectionskrankheiten. Bei der Bacterienseptieämie der Kaninchen und bei der Bacillensepticämie der Mäuse (S. 114 u. 129) lässt sich die weite und massenhafte Verbreitung der Mikroorganismen im ganzen Capillargebiet stets mit Sicherheit nachweisen; bei der durch ovale Mikrokokken bedingten Kaninchensepsis zeigt sich besonders schön die Obturation der Capillaren durch Mikrokokkenmassen (S. 105); bei der an Kaninchen beobachteten Mikrokokkenpyämie findet man in kleinen Gefässen und Capillaren Pfröpfe von Mikrokokken mit eingeschlossenen Btutkörperchen, und an diesen Stellen ein Uebergreifen der Mikrokokken auf das Gewebe.

Im Ganzen ähnlich wie die hier skizzirten accidentellen Wundkrankheiten scheinen auch die übrigen Infectionskrankheiten zu verlaufen. Bei manchen derselben liefern Wunden der Schleimhäute die Eingangspforten, ohne welche eine Invasion der Krankheitserreger nicht stattfindet; in solchem Fall ist kaum ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Gruppen von Krankheiten aufzustellen. Oft aber finden sich keine merklichen Schleimhautverletzungen und doch vermögen gewisse Spaltpize solchen anscheinend ganz normalen Körper zu inficiren; diejenigen Infectionskrank-

heiten, welche in starken, rasch verbreiteten Epidemieen unter einer vorher gesunden Bevölkerung auftreten, müssen auf einer solchen Invasion des unverletzten, nur mit den stets vorhandenen Eingangspforten versehenen Körpers beruhen. — Besonders leicht wird vermuthlich die unverletzte Schleimhaut der Respirationsorgane wegen ihrer geringfügigen Epithelauskleidung den Eintritt von Mikroorganismen gestatten; manche Spaltpilze scheinen aber auch dort in der Regel besonderer vorbereitender Veränderungen der Schleimhaut zu bedürfen, ehe sie sich ansiedeln können (so die Tuberkulosebacillen). Die Schleimhaut der Mundhöhle und des Rachens ist oft Insulten und kleinen Verletzungen ausgesetzt und giebt dann wohl Gelegenheit zum Eindringen von Pilzen, während im völlig normalen Zustande die dichte Auflagerung von geschichtetem Plattenepithel genügenden Schutz gewährt. Anders gestalten sich die Verhältnisse im weiteren Verlauf des Digestionstractus; hier liegt eine resorbirende, mit passirbarem Cylinderepithel ausgekleidete Fläche vor, und eine Infection müsste hier ausserordentlich leicht erfolgen können, wenn nicht die Verdauungssäfte und Verdauungsvorgänge schützend eingriffen. Viele der bis jetzt bekannten pathogenen Bacterien scheinen gegen sauere Reaction des Nährmediums sehr empfindlich zu sein; so lange daher die Säure des Magensafts oder der Nahrung überwiegt, findet ein Wachsthum jener Mikroorganismen nicht statt; möglich sogar, dass die verdauende Wirkung des Magensaftes eine noch tiefere, nachhaltige Schädigung derselben veranlasst. Nachweislich erstreckt sich aber der schützende Einfluss der Verdauungssäfte nicht auf Bacillensporen; wenigstens konnte Koch stets durch Fütterung mit Milzbrandsporen eine Infection hervorrufen, während sporenfreies Material auf diesem Wege unwirksam war. Ferner wird auch in manchen pathologischen Zuständen des Magens und Darms die normale Schutzwirkung versagen; und einige gährungserregende Spaltpilzformen, sowie die Sarcina ventr. scheinen schon bei geringfügigen Störungen der Verdauung massenhaft zur Entwicklung zu gelangen. Auch die Schleimhaut der Harn- und Geschlechtswerkzeuge kann gelegentlich, aber wohl nur in Folge kleiner Verletzungen, zur Aufnahme pathogener Pilze disponirt werden. — Aehnlich wie bei den accidentellen Wundkrankheiten treten dann auch bei den übrigen Infectionskrankheiten oft locale Symptome in den Vordergrund, dadurch hervorgerufen, dass in einem einzelnen Organ die günstigsten oder die einzig günstigen Verhältnisse zur Ansiedlung der Pilze vorliegen. Für die resultirenden Krankheitserscheinungen und die Prognose ist die functionelle Wichtigkeit des be-

fallenen Organs von wesentlichstem Einfluss. So zeigt sich bei Lepra eine nur sehr langsame Schädigung des Allgemeinbefindens, da die Entwicklung der Spaltpilze wesentlich in der Haut und hier in langsamster Weise stattfindet. In anderen durch perniciösere Krankheitserreger bedingten Fällen kommt es weniger zur Ausbildung characteristischer örtlicher Symptome, sondern zu rasch auftretenden allgemeinen Krankheitserscheinungen, die sich darin der Septicämie anschliessen. Zuweilen scheint die gefundene Zahl und Verbreitung der offenbar ursächlichen Mikroorganismen in keinem Verhältniss zur Grösse der Wirkung, zur Intensität der Krankheitserscheinungen zu stehen, z. B. in den Fällen von Anthrax beim Menschen, wo nur ein einzelnes Geschwür besteht, von dem aus aber keine Verbreitung in den übrigen Körper stattgefunden hat; hier ist zur Erklärung der schweren Allgemeinerscheinungen vielleicht auch auf toxische, von den Pilzen abgesonderte Producte zurückzugreifen.

Bei einer Betrachtung der krankheitserregenden Wirkung der Mikroorganismen drängen sich vor allem einige Fragen auf, welche die näheren Bedingungen für das Zustandekommen einer Infection betreffen.

Offenbar gehören zu einer solchen zunächst pathogene Bacterien. Aber es fragt sich, worin denn diejenigen besonderen Lebenseigenschaften pathogener Bacterien bestehen, durch welche ihnen eine regere Vermehrung im l e b e n d e n Körper ermöglicht wird; und w e s h a l b die zahlreichen Spaltpilzformen, welche auf den Oberflächen unseres Körpers sich stets befinden, welche wir täglich mit der Luft, mit der Nahrung und durch Berührungen in unseren Körper bekommen, und welche nachweislich auf dem todten Körper bei Körpertemperatur sich massenhaft vermehren, nicht zu einem Wachsthum im lebenden Organismus befähigt sind. — Man hat wohl versucht, zur Erklärung dieses Verhaltens irgend einen einzelnen im lebenden Organismus wirksamen Factor heranzuziehen. So hat man z. B. darauf hingewiesen, dass vielleicht einige Spaltpilze nur in ruhenden Medien, nicht aber in den lebhaft bewegten Körpersäften gedeihen, und hat hierfür aus den Horvath'schen Schüttelversuchen gewisse Anhaltspunkte gewinnen wollen. Aber die genannten Versuche, und ebenso die in der Folge unternommenen Controlexperimente haben, wie bereits oben (S. 182) gezeigt wurde, für die ruhig fliessende Bewegung der Körpersäfte keine in diesem Sinne verwerthbaren Resultate ergeben. — Ferner hat Szpilmann nachgewiesen, dass sich Milzbrandbacillen bei der Einwirkung von Ozon durchaus

lebensfähig erhalten, während Fäulnissbacillen rasch getödtet werden; man könnte denken, dass der gleiche Einfluss sich im lebenden Organismus geltend macht. Aber abgesehen davon, dass Ozon im Körper nicht vorkommt und höchstens momentan und vorübergehend activer Sauerstoff gebildet wird, reicht diese Erklärung keinesfalls aus, weil es unter den nicht pathogenen Pilzen viele giebt, welche gegen Sauerstoff gar nicht empfindlich sind, und weil andererseits sogar exquisite Anaërobien, wie die Bacillen des malignen Oedems im Körper zu wachsen vermögen.

Ferner liegt es nahe, die characteristischen Eigenthümlichkeiten der krankheitserregenden Bacterien einfach darin su suchen, dass diese Pilze unter den besonderen Verhältnissen des lebenden thierischen Körpers, d. h. bei dem vorhandenen Eiweiss- und Salzgehalt, bei dem dort gegebenen Verhalten des Sauerstoffs, bei der herrschenden Temperatur von 37° u. s. w. besonders energisch zu wachsen und sich auf Kosten des Körpermaterials zu vermehren im Stande sind. Den Grad der nothwendigen Wachsthumsenergie hat man dabei oft noch etwas genauer zu bezeichnen versucht, indem man darauf hinwies, dass nicht etwa alle die Pilze als pathogene angesehen werden dürfen, welche auf abgestorbenem thierischem Nährmaterial bei Körpertemperatur sich züchten lassen; sondern dass es sich im lebenden Körper um wesentlich andere Verhältnisse handelt. Hier vermögen die eingedrungenen Pilze nicht etwa unbeanstandet wie auf dem todten Culturboden zu wachsen, sondern sie finden ein von lebenden Zellen occupirtes Terrain vor, welche ihnen das Nährmaterial energisch streitig machen. In dieser Concurrenz um das Nährmaterial hat man gern den eigentlichen Schwerpunkt für das Wachsthumsvermögen der Spaltpilze im lebenden Körper gesucht, und hat die Eigenthümlichkeit der pathogenen Bacterien so präcisirt, dass sie aus der Concurrenz mit den Zellen als Sieger hervorgehen, weil sie energischer als diese das Nährmaterial assimiliren.

Aber auch diese Auffassung erscheint nicht in vollem Umfang zulässig. Von vornherein absorbiren ja die Zellen des Körpers niemals vollständig das vorhandene Nährmaterial; auch für weniger energisch wachsende Pilze müsste daher die reichliche Menge vorzüglichster Nährsubstanzen ein gewisses Wachsen und Vermehren möglich machen.

Eine Concurrenz, eine Art Kampf zwischen Körperzellen und Pilzen wird in der That bestehen; aber das wesentliche desselben liegt nicht in dem einseitigen Verbrauch und in der Unzulänglich-

keit des Nährmaterials für beide Consumenten, sondern Zellen wie Pilzen kommen gewisse besondere Eigenschaften zu, welche den Gegnern schädlich werden können und durch welche der Sieg der einen oder der anderen entschieden wird. — Für die Zellen des Körpers ist es zunächst ein bedeutsamer Vortheil, dass eine fortwährende Bewegung der Körpersäfte und damit eine Ausscheidung vieler fremder Elemente stattfindet. Auch die in den Kreislauf gelangten Spaltpilze werden vielleicht durch die Nieren, gelegentlich auch durch andere Organe, aus dem Körper schnell entfernt; beispielsweise werden bei Milzbrandkranken grosse Mengen von Bacillen im Harn gefunden. Sowohl eine örtliche Ansiedlung von Spaltpilzen, wie auch die Vermehrung derselben im Blut wird hierdurch sehr erschwert; und häufig wird eben die Elimination rascher erfolgen, als die Vermehrung der Pilze. — Sodann verfügt der lebende Organismus über eine weitere Waffe: ausgelöst durch den Reiz der sich ansiedelnden fremden Elemente etablirt sich eine Entzündung, eine Anhäufung von Lymphzellen und eine bedeutend vermehrte Saftströmung zu der gefährdeten Gewebspartie; und die Folge dieser Reaction pflegt eine gesteigerte Energie des Stoffwechsels im Gewebe und eine noch mehr erleichterte Entfernung und Abscheidung der eingedrungenen Spaltpilze zu sein. — Endlich wäre es möglich, dass seitens der Zellen des Körpers eine Production chemischer Stoffe stattfindet und sich gelegentlich steigert, die gewissen Spaltpilzen schädlich sind und ihre Entwicklung hemmen. Beispielsweise liesse sich an eine Bildung von Säuren denken; doch fehlt es vorläufig für diese Annahme völlig an bezüglichen Beobachtungsresultaten; und namentlich würde das verschiedene Verhalten verschiedener Pilze dadurch kaum zu erklären sein.

Offenbar können nun lediglich diejenigen Spaltpilze pathogen sein und sich im lebenden Körper ansiedeln, welche sich dort rascher vermehren, als ihre Ausscheidung erfolgt, und welche selbst durch entzündliche oder andere reactive Vorgänge nicht rasch und leicht beseitigt werden. Dazu bedürfen sie entweder einer ganz ausserordentlichen Wachsthumsenergie; oder aber sie müssen ihrerseits Einflüsse äussern können, welche eine tiefergehende Schädigung des Gewebes bewirken. Eine solche Waffe steht pathogenen Pilzen vielleicht in der Absonderung toxisch und necrotisirend wirkender Producte zu Gebote.

Die H e i l u n g einer durch Bacterienansiedlung erzeugten Krankheit muss ebenfalls vorzugsweise durch ausgedehntere reactive Entzündung und durch allmählich gesteigerte Ausscheidung erfolgen können. Denkbar, aber vorläufig noch unwahrscheinlich ist es, dass das

Ende einer Spaltpilzinvasion auch dadurch bedingt werden kann, dass die eigenen Stoffwechselproducte der Spaltpilze diese schliesslich schwächen und zur Degeneration bringen. Für diese Möglichkeit hat man gern die Erfahrungen über Production desinficirend wirkender, aromatischer Stoffe durch Spaltpilze angeführt; es ist aber bereits oben darauf hingewiesen (S. 202), dass genauere Feststellungen über die Bildung solcher Producte einstweilen fehlen und dass bis jetzt keine Anhaltspunkte für eine allgemeiner verbreitete und ausreichend starke Production derselben vorliegen.

In neuerer Zeit ist es auch gelungen, pathogene Pilze derart abzuschwächen, dass sie eine geringe oder keine Erkrankung des lebenden Körpers mehr zu bewirken vermögen. Toussaint fand zuerst, dass durch Erhitzen von Milzbrandblut auf 55° und Zusatz von ½—1% Carbolsäure die Milzbrandbacillen ihre Virulenz verlieren. Chauveau stellte fest, dass beim Erhitzen auf 52° in 15 Minuten, auf 50° in 20 Minuten eine genügende Abschwächung derselben Bacillen zu Stande kommt. Pasteur cultivirte die Milzbrandbacillen in neutralisirter Fleischbrühe bei einer Temperatur von 42—43°, und erhielt nach etwa 20 Tagen derart abgeschwächte Bacillen, dass dieselben nicht mehr tödtliche Erkrankung hervorriefen. Koch [1]) zeigte dann durch genaue Versuche, dass sich die Abschwächung der in neutralisirter Hühnerbouillon gezüchteten Milzbrandbacillen bei 43° in 6 Tagen, bei 42° in 30 Tagen erzielen lässt. Die abgeschwächten Bacillen zeigten im übrigen durchaus keine Differenz gegenüber den virulenten Pilzen und liessen sich auf Nährgelatine unter Beibehaltung aller morphologischer Eigenthümlichkeiten weiter züchten. — Aehnliche Beobachtungen haben Arloing, Thomas und Cornevin bei den Bacillen des Rauschbrands gemacht (vgl. S. 128); wurden deren Sporen 6 Stunden lang auf 85° erwärmt, so verloren sie ihre Virulenz. — Ferner erleiden nach Pasteur die Bacterien der Hühnercholera (S. 115) eine Abschwächung ihrer pathogenen Eigenschaften dadurch, dass man die in alkalisirter Hühnerbouillon hergestellten Culturen längere Zeit (3—10 Monate) unter Luftzutritt stehen lässt; nach Pasteur's Annahme soll der Sauerstoff hier wie auch bei den Milzbrandbacillen die wesentliche Ursache der Abschwächung sein. Die Versuche Pasteur's über die Pilze der Hühnercholera sind indessen nicht einwandfrei; ebenso ist die von Buchner angeblich erzielte Abschwächung des Milzbrandvirus, auf die weiter unten näher einzugehen sein wird, nicht mit

1) Koch, Ueber die Milzbrandimpfung. Cassel-Berlin 1882.

Sicherheit als eine Aenderung im physiologischen Verhalten derselben Pilzform anzusehen. — In den oben angeführten Fällen ist aber eine Abschwächung pathogener Spaltpilze ganz zweifellos erhalten, und zwar scheint wesentlich mässige Erwärmung auf 42—55° die Wirkung hervorzurufen. Diese Thatsache ist noch besonders wichtig für die unten zu behandelnde Theorie der Immunität und der Schutzimpfung.

Fragt man, in welcher Weise nun die Abschwächung der pathogenen Pilze zu Stande kommt, und durch welche Eigenschaften sich der pathogene Pilz von dem abgeschwächten unterscheidet, so lässt sich im Anschluss an die gegebene Characteristik der pathogenen Bacterien vermuthen, dass entweder bei der Abschwächung eine Verminderung der Wachsthumsenergie vorliegt; diese würde dann nicht mehr ausreichen, um die Ausscheidung zu überflügeln oder trotz reactiver Entzündung den Platz zu behaupten. Oder aber es wäre auch denkbar, dass die Production deletärer Stoffe durch die Bacterien aufhört resp. vermindert wird, und dass dadurch die Waffe fortfällt, mittelst welcher die Pilze sich bis dahin Terrain erobert haben. Der letztere Vorgang würde dann einigermassen erinnern an den Verlust giftiger Eigenschaften bei gewissen höheren Pilzen und Pflanzen durch besondere Culturbedingungen, so bei den Cinchonaarten, beim Schierling (der in Schottland kein Coniin enthalten soll) u. s. w. — Bestimmtere Anhaltspunkte für eine Erklärung der Abschwächung pathogener Pilze müssen erst durch weitere Experimentaluntersuchungen gegeben werden.

Dass auch eine Anzüchtung pathogener Eigenschaften, somit eine Umwandlung harmloser Spaltpilze in infectiöse stattfinden könne, ist von Buchner behauptet, aber nicht durch fehlerfreie Versuche erwiesen; vgl. hierüber im letzten Capitel.

Eine weitere Eigenthümlichkeit der pathogenen Pilze ist noch die, dass sie nicht etwa gleichmässig gut in jedem thierischen Körper gedeihen, sondern dass die einen nur diese, die anderen nur jene Gattung von Thieren inficiren können, während sie die übrigen nicht zu schädigen vermögen. Nah verwandte Thierspecies zeigen in dieser Beziehung die auffälligsten Unterschiede; bekannt ist, dass z. B. Feldmäuse gegen die Form der Septicämie, welche Hausmäuse ausnahmslos tödtet, völlig immun sind; während wiederum die nämliche Krankheit bei Kaninchen nur eine vorübergehende locale Affection hervorruft. Aber selbst unter den Individuen ein und derselben Species bestehen derartige Differenzen; auch die den

Menschen heimsuchenden infectiösen Pilze befallen meist nur eine Reihe von „disponirten" Individuen, während andere, die der Infection in gleicher Weise ausgesetzt waren, nicht ergriffen werden. — Häufig wird diese individuelle Disposition resp. individuelle Immunität dadurch bedingt sein, dass geeignete Eingangspforten für die pathogenen Pilze vorhanden sind oder aber fehlen; als solche haben wir, wie oben erwähnt wurde, z. B. kleine Wunden der äusseren Haut oder der Schleimhäute, oder entzündliche die Oberfläche der Schleimhaut verändernde Vorgänge anzusehen; auch eine besonders zarte Auskleidung der Oberflächen, wie sie namentlich dem jugendlichen Alter zukommt, kann die gleiche Rolle spielen. Auf derartigen scheinbar geringfügigen disponirenden Bedingungen beruht oft lediglich die Immunität einzelner Individuen oder ganzer Thierspecies. Bei manchen Infectionskrankheiten scheint aber das Verhalten der Eingangspforten keinen wesentlichen Unterschied in der Disposition zu bewirken; dann können vielleicht Differenzen im Ausscheidungsvermögen des Körpers, im Blutdruck, in der Energie der Nierenfunction die Erklärung für die ungleiche Ausbreitung der Krankheitserreger geben. Die erschwerte Wundheilung bei Menschen, die durch Diabetes geschwächt sind; die Widerstandsfähigkeit solcher Individuen, welche durch ihren Ernährungszustand oder durch Reizmittel über einen besonders energischen Stoffwechsel verfügen, können zur Illustration dieser Art von Disposition dienen. Oft vermögen die pathogenen Pilze nur in einzelnen krankhaft veränderten Organen sich zu etabliren, wobei die nähere, der Ansiedlung günstige Beschaffenheit dieser Organe vorläufig kaum definirbar ist. So müssen offenbar bei der Erkrankung an Lungentuberculose gewisse den Pilzen das Terrain vorbereitende Aenderungen der normalen Lungenschleimhaut vorhanden sein, und ohne diese pflegt keine Infection zu erfolgen; bei einer solchen Krankheit tritt die individuelle Disposition derart in den Vordergrund, dass die Invasion des Krankheitserregers, welche die eigentliche schwere Erkrankung bedingt, lange verdeckt bleiben und leicht für nebensächlich gehalten werden kann.

Zuweilen wird aber die Immunität einzelner Individuen in ganz anderer Weise, nämlich dadurch bedingt, dass sie die betreffende Krankheit schon einmal überstanden haben; die Immunität wird hier also erst durch die erste Erkrankung erworben. Allerdings gibt nicht bei jeder durch Spaltpilze erzeugten Infection das einmalige Ueberstehen Schutz gegen folgende gleiche Erkrankungen; bei Variola, Scharlach, Masern, beim Abdominaltyphus hat man eine

langdauernde Immunität nach dem Ueberstehen einer Infection beobachtet; experimentell konnte nachgewiesen werden, dass die durch kleinste Bacillen bewirkte Septicämie, die bei Kaninchen eine locale Affection am Ohr oder auf der cornea hervorruft, bei diesen nur einmal entsteht und sich nicht entwickelt, wenn einige Zeit nach der ersten Erkrankung eine zweite Impfung mit den Krankheitserregern vorgenommen wird. Ferner ist bei Versuchen mit Rauschbrand beobachtet, dass nach Impfung mit kleinen Dosen Immunität eintritt. (Vgl. S. 128.) — Viele Infectionskrankheiten können dagegen von demselben Individuum zwei und mehrere Male acquirirt werden und eine Immunität gegen dieselben wird durch einmaliges Ueberstehen nicht erworben; so sind mehrfache Erkrankungen an Milzbrand bei Menschen und Pferden, ferner bei Menschen an Recurrens, Erysipel, Pyämie, Malaria, Gonorrhoe, beobachtet.

Eine Erklärung ist für diese, einigen Infectionskrankheiten eigenthümliche Art der Immunität noch nicht zu geben, wenn gleich Erklärungsversuche in grösserer Zahl vorliegen. So hat man z. B. vermuthet, dass dem Körper bei dem ersten Ueberstehen der Krankheit ein für das Leben der betreffenden pathogenen Pilze nothwendiger Stoff entzogen würde und dass der so erschöpfte Körper dann keinen geeigneten Nährboden mehr für spätere Ansiedlungen der Pilze biete (Klebs, Pasteur). Oder man hat angenommen, dass die mehrfach erwähnten den Pilzen selbst schädlichen Producte ihres Stoffwechsels im Körper lange verbleiben und dadurch demselben einen Schutz gegen folgende Invasionen verleihen können (Chauveau, Wernich). Nach Buchner soll bei den nicht recidivirenden Krankheiten die Ansiedlung der Pilze stets an einzelne bestimmte Organe geknüpft sein; unter dem Einfluss der Ansiedlung geht dann dies Gewebe eine „reactive Veränderung“ von längerer Dauer ein, und diese lässt eine zweite Infection nicht zu Stande kommen. Grawitz sucht die Immunität dadurch zu erklären, dass durch die Concurrenz zwischen Körperzellen und pathogenen Pilzen die Lebensenergie und das Assimilationsvermögen der Thierzellen gegenüber den Parasiten erhöht wird; durch Vererbung dieser höheren physiologischen Ernährungsenergie von einer Zellengeneration auf die andere soll die Dauer der Immunität bedingt sein. Weiter wäre noch eine aus der ersten Erkrankung resultirende dauernde Steigerung aller derjenigen oben erwähnten physiologischen Processe denkbar, die auf eine Schädigung oder auf eine Entfernung und Ausscheidung der Krankheitserreger hinzielen. — Für keine dieser verschiedenen Anschauungen konnten indess bisher bestimmte aus Beobachtungen oder Experimenten entnommene Beweise angeführt werden.

Von besonderem Interesse ist es, dass die Immunität gegen eine Bacterienkrankheit zuweilen nicht nur durch das Ueberstehen derselben Krankheit erworben wird, sondern auch dadurch, dass eine ähnliche, leichter verlaufende, aber durch ähnliche Spaltpilze bedingte Affection in dem Individuum abgelaufen ist. Auf Grund die-

ser Thatsache wird es dann offenbar möglich sein, gegen eine gefahrbringende Krankheit auch künstlich Immunität und Schutz hervorzurufen, dadurch, dass man jene ähnliche, aber geringfügigere Krankheit absichtlich einimpft. Das bekannteste Beispiel einer solchen durch Schutzimpfung erworbenen Immunität ist die Erzeugung der Vaccinapusteln, durch deren Ueberstehen auf Jahre hinaus ein sicherer Schutz gegen Variola gewährt wird. — In neuerer Zeit haben einige Forscher von der oben erwähnten Thatsache, dass gewisse Krankheitserreger durch geeignete Behandlung abgeschwächt werden können, Gebrauch gemacht, um künstlich Immunität hervorzurufen. So konnte Pasteur durch Einimpfung seiner abgeschwächten Mikroben der Hühnercholera eine vorübergehende Krankheit erzeugen, welche die geimpften Thiere immun gegen die Einwirkung nicht abgeschwächter Mikroben machte. Toussaint, Chauveau, Pasteur u. A. bedienten sich der abgeschwächten Milzbrandbacillen, um Immunität gegen echten Milzbrand zu erzeugen. Pasteur wendet, um Schafe und Rinder gegen Milzbrand immun zu machen, 2 Schutzimpfungen an, die erste mit dem sehr stark abgeschwächten premier vaccin, die zweite mit dem weniger abgeschwächten deuxième vaccin. Koch hat gezeigt, dass der erste Impfstoff die richtige Stärke dann hat, wenn Mäuse zwar getödtet, aber Meerschweinchen nicht geschädigt werden; dass dagegen der zweite Impfstoff Meerschweinchen noch inficiren, grössere Kaninchen nicht mehr mit Sicherheit tödten muss. Die Abschwächung der Milzbrandbacillen lässt sich leicht gerade bis zu dem gewünschten Grade treiben, wenn man mit den längere Zeit erwärmten Culturen von Zeit zu Zeit Controlimpfungen an Mäusen, Meerschweinchen und Kaninchen vornimmt. — Von Pasteur ist dieser Schutzimpfung gegen Milzbrand entschieden ein zu hoher Werth beigelegt worden; dieselbe gelingt lediglich bei Schafen und Rindern, bietet hier aber namentlich gegen die natürliche, durch Sporen vom Darm aus erfolgte Infection ungenügenden und nur kurz dauernden Schutz und bringt andererseits durch den Impfstoff und die Impfung selbst erhebliche Gefahren für Thiere und Menschen. Trotzdem sind die bezüglichen Experimente von grösstem Interesse, da vielleicht andere Infectionskrankheiten demnächst sich als geeigneter für eine Schutzimpfung mit abgeschwächten Krankheitserregern und eine dadurch erworbene Immunität erweisen. — Eine Deutung des Vorgangs ist selbstverständlich bis jetzt völlig unmöglich, da die einzelnen Phasen desselben, die Abschwächung der Mikroorganismen einerseits, die durch Ueberstehen der Krankheit erworbene Immunität andererseits uns noch gänzlich räthselhaft sind.

Auch dann, wenn eine grosse Menge individuell disponirter Menschen oder Thiere vorhanden sind, pflegen die betreffenden Krankheitserreger nicht überall und immer, sondern nur zu gewissen Zeiten und an einzelnen Orten ihre Opfer zu suchen. Das Kommen und Gehen einer Infectionskrankheit, ihr Anschwellen zur ausgebreiteten Epidemie und ihr allmähliches Abschwellen hängt von einer Reihe äusserer Umstände ab, die man als örtliche und zeitliche Disposition zusammenfasst. Diese Umstände beziehen sich vorzugsweise auf die Verbreitung und die Entwicklung der Krankheitserreger in der äusseren Umgebung des Menschen und auf ihren Transport von da aus zum Menschen hin. Einige Krankheitserreger scheinen den Kreis ihrer Entwicklung fast ganz als Parasiten von Menschen oder Thieren durchzumachen; zu einem Wachsthum ausserhalb des lebenden Körpers scheint es bei ihnen höchst selten zu kommen und so findet die Uebertragung gewöhnlich von Körper zu Körper ohne Vermittlung der Aussenwelt statt. Bei vielen Infectionskrankheiten aber vollenden die ursächlichen Mikroorganismen ihre Entwicklung für gewöhnlich auf Substraten der äusseren Umgebung und gelangen von da nur gelegentlich in den thierischen Körper, um dort dann eine parasitäre Rolle zu spielen (vgl. S. 125). Die Vegetation dieser Pilze kann in den verschiedensten todten Nährsubstraten, vor allem aber im porösen, mit organischen Substanzen durchsetzten Boden stattfinden; in diesem pflegt man stets eine enorme Zahl der verschiedensten Pilze oder Pilzkeime zu finden. Vom Boden aus gelangen dann die infectiösen Keime theils durch Nahrungmittel, Geräthschaften, theils durch verschleppten Staub; zuweilen wohl durch Trink- und Gebrauchswasser; häufig endlich durch Luftströmungen in die nächste Umgebung der Menschen und Thiere. Je von der örtlichen Beschaffenheit und von dem zeitlichen Zustande der äusseren Umgebung wird es dann abhängen, ob eine stärkere oder geringere Vermehrung der Pilze und ein leichterer oder erschwerter Transport zum Menschen hin erfolgen kann. In den übrigen Capiteln dieses Handbuchs (Luft, Boden, Volkskrankheiten) ist dies Verhalten der Mikroorganismen in unserer Umgebung näher geschildert, und es muss daher auf jene Darstellungen als nothwendige Ergänzung des hier über die Krankheitserregung der Pilze Gesagten verwiesen werden.

III. Absterbebedingungen der niederen Pilze; Desinfection.

Verschiedene äussere Einflüsse verursachen eine Schädigung der niederen Pilze, die bald mehr bald weniger tief in die Lebensthätigkeit derselben eingreift. Alle derartige schädigende Factoren sind

offenbar deshalb von grossem Interesse, weil wir unter ihnen die Mittel suchen müssen, um die schweren uns von den Pilzen drohenden Gefahren, die Infectionskrankheiten, zu beseitigen; und in etwas einseitiger Betonung dieses Gesichtspunkts bezeichnet man gern die gesammten das normale Leben der niederen Pilze alterirenden Einflüsse als „Desinfectionsmittel".

Ausserordentlich zahlreiche Versuchsreihen über Art und Maass der Wirkung von Desinfection sind bereits ausgeführt; und doch müssen dieselben noch vielfach ergänzt und erweitert werden. Denn wie beim Studium der biologischen Eigenschaften der Pilze überhaupt, so hat sich auch hier gezeigt, dass die verschiedenen Pilze sich durchaus nicht gleichartig verhalten, dass die einen durch diesen, die anderen durch jenen Einfluss stärker betroffen werden; dass aber ferner auch wieder die ganze Summe der übrigen Lebensbedingungen die Wirkung des einzelnen Desinfectionsmittels beeinflusst. Höhere Temperaturen schädigen die Pilze leichter, wenn gleichzeitig schlechte Nährstoffe vorliegen; specifische Gifte variiren in ihrer wirksamen Dosis, je nachdem die äusseren Verhältnisse Optima repräsentiren oder von diesen abweichen. Besonders eingreifend ist der Effect der Sporenbildung. Liegen Pilze vor, welche diese so überaus resistenten Dauerformen bilden, so sind die Mittel machtlos, welche andere Pilze schon tief schädigen oder tödten. Sporentragende und sporenfreie Mikroorganismen sind daher bei Desinfectionsversuchen schlechterdings nicht gemeinsam zu behandeln, sondern erfordern eine durchaus gesonderte Prüfung.

Zu den Desinfectionsmitteln zählen nicht nur diejenigen, welche eine Tödtung und Vernichtung der Pilze bewirken; sondern auch solche Einflüsse, welche nur eine Behinderung des Wachsthums und der Vermehrung, und selbst solche, welche lediglich eine Abschwächung der Lebensenergie oder den Verlust dieser oder jener Lebenseigenschaften bewirken. Diese einzelnen Phasen der Degeneration und des Absterbens erheischen daher eine getrennte Erörterung.

Die geringfügigste Schädigung von Mikroorganismen, welche wir unter der Einwirkung bestimmter äusserer Einflüsse beobachten, ist die Hemmung oder der Verlust der krankheitserregenden oder der gährungserregenden Eigenschaft gewisser Spaltpilze. Wie oben (S. 207 u. S. 256) ausgeführt wurde, kann durch fortgesetzte Einwirkung von Temperaturen, welche das Optimum nur wenig übersteigen, vielleicht auch durch andere Einflüsse — längere Berührung mit den eigenen Stoffwechselproducten, mit dem Sauerstoff der Luft — eine dauernde Abschwächung von Pilzen erzielt

werden in dem Sinne, dass sie nach wie vor zu wachsen und sich zu vermehren im Stande sind, aber sich nicht mehr befähigt zeigen, im lebenden Körper als Parasit zu fungiren und Krankheit zu erregen, oder in geeignetem Nährgemisch die gewohnte Gährung zu veranlassen. Bis jetzt ist eine derartige geringfügige dauernde Abschwächung aber nur bei wenigen Spaltpilzen gelungen; ob dieselbe auch bei anderen characteristischen Krankheits- und Gährungserregern statthaben kann, ist vorläufig zweifelhaft und erst durch weitere Versuchsreihen zu entscheiden.

Noch schwächere Einflüsse genügen vielleicht, um die Gährungs- oder Krankheitserregung vorübergehend, d. h. nur in dem gerade vorliegenden Medium zu hemmen. Es ist möglich, dass ganz unerhebliche Aenderungen in der Zusammensetzung des Nährgemisches, minimale Zusätze von giftigen Stoffen oder geringe Temperatursteigerungen ausreichen, um diese speciellen Lebensäusserungen der Pilze zu hindern, ohne dass im übrigen eine Beschränkung des Wachsthums und der Vermehrung eintritt. Offenbar würde der Nachweis, dass bei einigen Pilzen ein solcher einseitiger Verlust der wichtigen Eigenschaften der Gährungs- und Krankheitserregung durch besonders geringe Eingriffe erfolgen kann, von grösstem Interesse sein; es fehlt aber zur Zeit noch an darauf abzielenden Versuchen, deren Ausführung sich erhebliche Schwierigkeiten in den Weg stellen.

In sehr verschiedener Weise lässt sich zweitens eine zeitweise, auf das Nährmedium beschränkte Wachsthumsbehinderung der niederen Pilze zu Stande bringen, mit welcher dann bei den Gährungserregern stets ein Aufhören der Gährthätigkeit verbunden ist. Die Wachsthumshemmung erfolgt zunächst am einfachsten durch allmähliche Erschöpfung der Nährstoffe. In jedem Nährmedium tritt bei fortgesetzter Vermehrung der Pilze allmählich der Fall ein, dass ein Theil der Colonien oder alle nicht mehr die zur weiteren Entwicklung nothwendigen Nährstoffe vorfinden. In Flüssigkeiten lagern sich dann die bis dahin gebildeten Spross- und Spaltpilze als pulvriger Niederschlag auf dem Boden des Gefässes ab. Wie lange die Pilze in solchem Zustande ohne Nahrungszufuhr sich lebensfähig erhalten können, das hängt wesentlich von der betreffenden Pilzspecies ab. Die einen ertragen das latente Leben nur kurze Zeit; sie degeneriren und zerfallen bald; andere sind bedeutend widerstandsfähiger. Zu den ersteren gehören die meisten Mikrokokken; zu letzteren namentlich die sporenbildenden Bacillen, deren Sporen Jahrelang lebensfähig bleiben. Haben Hefe- oder Schimmelpilze Sporen gebildet, so ist auch für diese ein Wiederaufleben nach lan-

ger Ruhepause ermöglicht. — Dabei ist es nicht erforderlich, dass alle Nährstoffe den Pilzen entzogen sind, sondern selbstverständlich genügt schon das Fehlen eines einzigen nothwendigen Nährstoffs, um sie zu einer Periode der Ruhe zu zwingen.

Eine theilweise Behinderung des Wachsthums bedingen ferner überhaupt alle diejenigen Aenderungen der Existenzbedingungen, welche ein Abweichen derselben von dem Optimum veranlassen. Diese günstigsten Lebensverhältnisse sind oben ausführlich erörtert; es ist dort auch bereits darauf hingewiesen, wie jedes Hinausgehen der Temperatur, der Concentration u. s. w. über eine gewisse Grenze eine Beeinträchtigung der Lebensenergie der Pilze im Gefolge hat. Ebenso ist dem Einfluss der Concurrenz anderer Pilze und namentlich der Gährungserreger im gleichen Nährmedium bereits Erwähnung geschehen (S. 176). — Von grösster practischer Bedeutung für die Erzielung einer Wachsthumshemmung ist der Zusatz kleiner Mengen giftig wirkender chemischer Stoffe zum Nährmedium. Dieselben Gifte vermögen häufig in grösseren Dosen die Pilze dauernd lebensunfähig zu machen; aber es wäre falsch anzunehmen, dass nun auch die stärksten wachsthumshemmenden Mittel stets die stärksten tödtenden seien; vielmehr rangirt oft derselbe chemische Körper bezüglich beider Arten von Wirkung auf ganz verschiedenen Stufen. Es beruht diese Differenz hauptsächlich darauf, dass bei dem Zusatz der wirksamen Stoffe zu den Nährmedien häufig chemische Umsetzungen eintreten, durch die ein Theil des Desinfectionsmittels zerstört oder unwirksam gemacht wird. Je nach der Zusammensetzung der Nährlösung wird dieser Effect variiren, und daher ist es klar, dass bestimmte Werthe für die wachsthumshemmenden Mittel sich nur für ein- und dieselbe Nährlösung aufstellen lassen, während für abweichende Substrate andere Werthe Platz greifen. Ferner verhalten sich, wie oben erwähnt, die verschiedenen Pilzarten durchaus different gegen schädigende Einflüsse, und für die gleichen Pilze hängt das Maass der Wirkung stets noch von den übrigen gleichzeitig vorhandenen Lebensbedingungen ab. Eine allgemein gültige Scala über den Werth der wachsthumshemmenden Mittel ist daher eigentlich gar nicht zu geben. Im Folgenden soll nur eine Zahlenreihe angeführt werden, welche durch Versuche von R. Koch [1]) für Milzbrandbacillen ermittelt ist, und welche bis zu einem gewissen Grade auch für andere pathogene Bacillen als massgebend angesehen

1) Mittheilungen aus dem Kais. Ges. Amt, Bd. I, 1881. — Eine andere sorgfältige Versuchsreihe ist neuerdings von de la Croix für Fleischwasserbacterien ausgeführt (Arch. f. exp. Path. u. Pharm. Bd. 13. S. 175).

werden kann. Die Zahlen sind so gewonnen, dass kleine Krystallisationsschalen mit 10 cc. Blutserum oder Pepton-Fleischextractlösung (1 % Pepton-, ½ % Fleischextractlösung) gefüllt und dann mit dem Desinfectionsmittel versetzt wurden. Eine Reihe solcher Schalen, darunter auch stets einige ohne Desinfectionsmittel, standen nebeneinander unter einer feucht gehaltenen Glasglocke. Nun wurde in jedes Schälchen ein mit angetrockneten Milzbrandsporen versehener Seidenfaden gelegt; in den nicht desinficirten Controlgefässen konnte schon nach 24 Stunden stets ein Wachsthum von langen Milzbrandfäden mit dem Mikroskop constatirt werden, die ein sehr characteristisches und nicht leicht zu verwechselndes Aussehen bieten. In gleicher Weise wurde im Laufe der folgenden Tage eine Besichtigung der übrigen Schalen unter dem Mikroskop vorgenommen, und so durch das Ausbleiben des Wachsthums resp. durch das Auftreten der Fäden die Wirksamkeit oder Unwirksamkeit des Desinfectionsmittels festgestellt. Die wichtigsten der erhaltenen Zahlen sind folgende:

	Merkliche Behinderung des Wachsthums	Völlige Aufhebung des Wachsthums
	trat ein bei einer Concentration von:	
Quecksilberchlorid	1 : 1.600.000	1 : 300.000
Senföl	1 : 330.000	1 : 33.000
Allylalkohol	1 : 167.000	—
Arsenigsaures Kali	1 : 100.000	1 : 10.000
Thymol	1 : 80.000	—
Terpentinöl	1 : 75.000	—
Blausäure	1 : 40.000	1 : 8000
Pfeffermünzöl	1 : 33.000	—
Nelkenöl	1 : 5000	—
Kaliseife	1 : 5000	1 : 1000
Jod	1 : 5000	—
Osmiumsäure	1 : 6000	—
Salzsäure	1 : 2500	1 : 1700
Borsäure	1 : 1250	1 : 800
Borax	1 : 2000	1 : 700
Brom, Chlor	1 : 1500	—
Kaliumpermanganat	1 : 1400	—
Salicylsäure	1 : 3300	1 : 1500
Benzoësäure	1 : 2000	—
Carbolsäure	1 : 1250	1 : 850
Benzoësaures Natron	1 : 200	—
Campher	1 : 2500	über 1 : 1250
Eucalyptol	1 : 2500	über 1 : 1000
Chinin	1 : 830	1 : 625
Alkohol	1 : 100	1 : 12,5
Chlorsaures Kali	1 : 250	—
Kochsalz	1 : 64	—

Drittens kommt die Tödtung der Mikroorganismen in Frage, und zwar interessiren die hierzu anwendbaren Mittel am meisten, weil bei practischen Desinfectionsversuchen gewöhnlich die Aufgabe vorliegt, die betreffenden Pilze so zu schädigen, dass ein Wachsthum und eine Vermehrung selbst nach dem Uebertragen in ein günstiges Nährmedium unmöglich ist. — Ein wirkliches Absterben der niederen Pilze tritt zunächst häufig dann ein, wenn der Zustand des latenten Lebens, in welchen sie durch Entziehung aller oder einiger wichtiger Nährstoffe versetzt sind, längere Zeit andauert. Nur für sporenbildende Pilze kann dieser Zustand ohne Schaden Jahrelang andauern. Wird den ruhenden sporenfreien Pilzen gleichzeitig Wasser entzogen, so tritt das Absterben um so früher ein. — Ein sehr wirksames Mittel zum Tödten der niederen Pilze sind höhere Temperaturen (niedere Temperaturen selbst der extremsten Art erweisen sich völlig unwirksam); allerdings hängen die zur tödlichen Wirkung nöthigen Hitzegrade durchaus von der Art der Pilze und namentlich davon ab, ob Sporen zu vernichten sind oder ob sporenfreies Material vorliegt. — Sporenfreie Spaltpilze werden in Flüssigkeiten oder in benetztem Zustande meist schon durch mehrstündige Einwirkung einer Temperatur von 50 bis 70° getödtet. Durch solche relativ niedrige Hitzegrade kann man selbst sporenbildende Pilze tödten, wenn man die Erhitzung öfter wiederholt, indem man dann darauf rechnen darf, dass in den Pausen ein Auswachsen der Sporen zu Bacillen stattfindet; letztere werden, ehe eine erneute Sporenbildung eintreten kann, durch die folgende Erhitzung getödtet, und nach 5—6maligem Erhitzen kann man sicher sein, dass keine keimfähigen Sporen mehr existiren und dass alle ausgewachsenen Spaltpilze vernichtet sind. Beispielsweise lässt sich Blutserum von allen Pilzen befreien, ohne dass man die zur Desinfection benutzte Hitze bis zum Gerinnungspunkt der Eiweissstoffe steigen lässt; dasselbe wird 5—6 Tage hintereinander täglich eine Stunde auf etwa 56° erhitzt und dadurch vollkommen von allen entwicklungsfähigen Keimen befreit. — Viel schwieriger ist schon eine rasche Tödtung von Schimmelpilzsporen. Heisse Luft von 120° bewirkte bei ½stündiger Einwirkung nicht völliges Absterben; erst bei einer 1½stündigen Erhitzung auf 110—115° trat sicheres Abtödten ein. Penicilliumsporen zeigten sich bei diesen Versuchen weniger resistent, wie Sporen von Asperg. niger. — Am schwierigsten endlich sind Bacillensporen zu tödten, wenngleich auch unter diesen noch grosse Differenzen hervortreten. So sind Milzbrandsporen weniger widerstandsfähig als die Sporen von Heubacillen und

diese wiederum weniger als gewisse in Gartenerde häufig enthaltene Bacillensporen. Durch heisse Luft ist eine Vernichtung aller dieser Sporen kaum möglich; die hierüber von Koch in einem der gebräuchlichen Desinfectionsofen angestellten Versuche ergaben, dass Bacillensporen erst durch 3stündigen Aufenthalt in 140° heisser Luft getödtet werden; liegen grössere schlecht wärmeleitende Gegenstände vor, deren Inneres zu desinficiren ist, so ist eine viel längere Dauer der Erhitzung erforderlich, bis die Tödtungstemperatur das Innere der Objecte erreicht hat. Schon bei einer 3stündigen Einwirkung von 140° werden aber sämmtliche Kleiderstoffe und Gebrauchsgegenstände in irreparabler Weise beschädigt.

In Flüssigkeiten gelingt die Tödtung der Bacillensporen weit leichter; in Wasser von 100° sind Milzbrandsporen binnen 2 Minuten getödtet; Heubacillussporen ertragen diese Temperatur etwa 5 Minuten; nach 15 Minuten sind sämmtliche Sporen vernichtet. Es ist aber oft schwierig, die ganze Flüssigkeitsmasse, die zu desinficiren ist, gleichmässig auf 100° zu erwärmen; so gebrauchte ein Liter Wasser, das im geschlossenen Dampfkochtopf erhitzt wurde, von dem Moment ab, wo die Temperatur des Dampfes 120° zeigte, noch über 1 Stunde, um im Innern die Temperatur des Dampfes annähernd zu erreichen. — Sehr leicht ist es dagegen, wie Koch gezeigt hat, durch strömenden Wasserdampf die zur Vernichtung der Sporen nöthige Temperatur von 100° in allen möglichen Objecten zu erzielen. Die Grundlage des dazu erforderlichen Apparats bildet ein grösserer Kochtopf, auf welchem senkrecht ein weites, 1—2 Meter hohes Rohr aus Zinkblech steht; dieses Rohr ist oben konisch verjüngt und läuft schliesslich in eine kurze Röhre von nur 1 Cm. Durchmesser aus. Das Rohr wird dicht auf dem Kochtopf befestigt und aussen mit schlecht wärmeleitenden Hüllen umgeben. Erhitzt man Wasser im Kochtopf zum Sieden, so strömt bald der Wasserdampf in starkem Strahle aus der oberen engen Oeffnung, und von da ab zeigt der ausströmende Dampf constant eine Temperatur von 100°. Bringt man nun in den verticalen Aufsatz zu desinficirende Objecte, so werden diese aufs schnellste von dem strömenden Wasserdampf durchdrungen und auf 100° erhitzt; und schon nach wenigen Minuten sind auch die resistentesten Bacillensporen getödtet. Je nach der Natur der Objecte wird die Zeitdauer der Erhitzung natürlich etwas variirt werden müssen. Eine Beschädigung von Stoffen tritt dabei nur in geringem Grade ein. Von dieser Anwendung des strömenden Wasserdampfs von 100° wird man daher bei der Ausführung der Desinfection durch Hitze vorzugsweise Gebrauch machen müssen

Bei einer Tödtung durch giftig wirkende Stoffe hängt die erforderliche Dosis auch wieder wesentlich davon ab, ob sporenbildende oder sporenfreie Pilze vorliegen. Carbolsäure tödtet z. B. sporenfreie Milzbrandbacillen bereits bei einer Concentration von 0,25—0,5 %; dagegen werden sporenhaltige Milzbrandculturen durch 3%ige Carbolsäure erst nach 7 Tagen, durch 5%ige Carbolsäure nach 1—2tägiger Einwirkung vernichtet. In der Desinfectionspraxis hat man es in vielen Fällen erwiesenermassen mit sporenbildenden Krankheitserregern zu thun; in anderen Fällen ist es zweifelhaft, ob die zu tödtenden Pilze Sporen bilden; immerhin wird man daher volles Vertrauen lediglich zu einem solchen Desinfectionsverfahren haben können, durch welches auch Sporen vernichtet werden. Dementsprechend hat eine Prüfung der verschiedenen Desinfectionsmittel auf ihre sporentödtende Wirkung fast allein Interesse, und im Folgenden sollen daher auch nur die Resultate einer von Koch mit sporenhaltigen Milzbrandculturen ausgeführten Versuchsreihe im Auszuge mitgetheilt werden.

1) Ohne jede Einwirkung auf Milzbrandsporen waren selbst bei monatelanger Anwendung:

Destillirtes Wasser.
Absoluter Alkohol.
Chloroform.
Schwefelkohlenstoff.
Glycerin.
Benzol.
Benzoësäure (conc. wässr. Lösung).
Salicylsäure (5 % in Alkohol, 2 % in Oel).
Thymol (5 % in Alkohol).
Ammoniak.
Kochsalzlösung (conc.)
Calciumchloridlösung (conc.)
Kaliumchlorat (5 % in Wasser).
Alaun (4 % in Wasser).
Borax (5 % in Wasser).
Kaliseife (2 % in Wasser).

2) Unvollständige oder langsame Wirkung auf Milzbrandsporen zeigten:

Aether (unvollständige Wirkung nach 8, vollständige nach 30 Tagen).
Aceton (unvollständig nach 5 Tagen).
Jod, 1 % in Alkohol (unvollständig am 1. Tage).
Schwefelsäure, 1 % in Wasser (unvollständig nach 10 Tagen).
Kupfersulfat, 5 % in Wasser (unvollständig am 5. Tage).
Borsäure, gesättigte wässr. Lösung (unvollständig am 6. Tage).
Salzsäure, 2 % in Wasser (vollständig am 10. Tag).
Arsenige Säure, 1 ‰ im Wasser (vollständig nach 10 Tagen).
Schwefelwasserstoffwasser (unvollständig nach 5 Tagen).
Schwefelammonium (vollständig nach 5 Tagen).
Ameisensäure, 1,12 spec. Gew. (vollständig am 4. Tage).

Chinin, 2 % in Wasser (2/5) und Alkohol (3/5), (unvollst. am 1. Tage.)
Chinin, 1 % in Wasser mit Salzsäure (vollständig am 10. Tage).
Terpentinöl (unvollst. am 1. Tag, vollst. nach 5 Tagen).
Chlorkalk, 5 % in Wasser (unvollst. am 1.—2. Tag, vollst. nach 5 Tagen).
Eisenchlorid, 5 % in Wasser (unvollst. am 2. Tag, vollst. nach 6 Tagen).

3) Rasche und vollständige Wirkung zeigten:

Chlorwasser, frisch bereitet Brom, 2 % in Wasser. Jodwasser Osmiumsäure, 1 % in Wasser. Kaliumpermanganat, 5 % in Wasser. Quecksilberchlorid, 1:20.000 in Wasser	sämmtlich am ersten Tage.

Carbolsäure bewirkte völlige Vernichtung der Sporen in 5 %iger wässriger Lösung zwischen dem 1. und 2. Tag; in Oel oder in Alkohol zu 5 % gelöst zeigte sie sich gegen Milzbrandsporen vollkommen unwirksam; sporenfreie Milzbrandbacillen wurden erst am 6. Tage getödtet. — *Schweflige Säure* tödtete in den stärksten, in der Praxis nicht mehr anwendbaren Concentrationen Sporen unvollständig; gegenüber sporenfreiem Material war die Wirkung bei 10 Vol. Proc. noch eine unsichere, sobald dickere Schichten zu desinficiren waren. — Von den Halogenen zeigte *Brom* die relativ sicherste Wirkung. — Weitaus am günstigsten waren die mit *Quecksilberchlorid* erhaltenen Zahlen; bei einer Concentration von 1:5000 bedurfte es nur einer wenige Minuten dauernden Einwirkung, um alle Milzbrandsporen zu vernichten; eine Lösung von 1:20.000 tödtete dieselben Sporen nach einer Einwirkungsdauer von 10 Minuten, allerdings nicht in allen Fällen, so dass die angegebene Verdünnung die Grenze der zuverlässigen Wirkung zu bezeichnen scheint.

In manchen Fällen ist das Ziel der Desinfection nicht die Tödtung oder Wachsthumshemmung der niederen Pilze, sondern nur eine vorläufige Behinderung der *Verbreitung* derselben von bestimmten Objecten aus. Es lässt sich dann eine Fixirung der Mikroorganismen erreichen dadurch, dass man die Objecte mit Wasser oder mit Mischungen von Wasser und Glycerin oder dgl. befeuchtet erhält. Durch zahlreiche Versuche ist festgestellt, dass aus pilzhaltigen Flüssigkeiten unter den gewöhnlich vorliegenden Verhältnissen keine Pilzkeime in die Luft übergehen und dass somit durch reichliche Befeuchtung für eine gewisse Zeit die weitere Verbreitung derselben gehindert werden kann.

Ueber die eigentliche Desinfectionspraxis, über die Indicationen zur Inscenirung einer Desinfection, über die Wahl und Behandlung der zu desinficirenden Objecte und über die Desinfectionsmassregeln bei verschiedenen Krankheiten und unter verschiedenen Verhältnissen handeln die späteren Abschnitte dieses Handbuchs (vgl. namentlich unter „Volkskrankheiten“).

IV. Constanz und Veränderlichkeit der Pilzarten.

Eine hervorragende Bedeutung hat neuerdings die Frage gewonnen, ob die bisher abgegrenzten Species und Varietäten der niederen Pilze auch wirklich constante unterscheidbare Form und constantes physiologisches Verhalten zeigen, oder ob die aufgestellten und zur Unterscheidung der Arten benutzten morphologischen und biologischen Merkmale schwankende, inconstante Attribute sind, die sich namentlich leicht unter dem Einfluss der äusseren Existenzbedingungen verändern.

Zur Lösung dieser Frage lassen sich vielleicht Anhaltspunkte gewinnen durch einen Vergleich mit den höheren Pflanzen, die in der Constanz oder Wandelbarkeit ihrer Arten und ihrer characteristischen Kennzeichen eventuell brauchbare Analogieen bieten. Eine eigentliche Entscheidung wird aber durch eine solche Parallele selbstverständlich nicht erbracht werden können; sondern diese wird lediglich durch Beobachtung und Experiment zu liefern sein.

Man hat nun in der That längst feststellen können, dass eine Reihe von morphologischen und biologischen Aenderungen an allen Pflanzen zu beobachten ist. Zunächst sieht man gewisse Aenderungen regelmässig an allen normalen Pflanzen derselben Art verlaufen; dieselben gehören dann durchaus zum Character der Species und vervollständigen nur die besonderen Merkmale der Species. Dahin gehören z. B. die Veränderungen, welche die Pflanze auf den verschiedenen Stufen ihres Wachsthums und ihrer Entwicklung erfährt; ferner z. B. der Generationswechsel der Pilze mit seinen enormen Verschiedenheiten in Form und physiologischem Verhalten. Wo der Entwicklungskreis einer Art noch nicht vollständig erforscht ist, muss es leicht vorkommen, dass verschiedene Entwicklungsformen derselben Species einstweilen als besondere Arten unterschieden werden, bis genauere Erkenntniss ihre Zusammengehörigkeit erwiesen hat.

Ferner treten zuweilen Aenderungen im Verhalten einiger Pflanzen ein, welche als Modificationen und meistens als Abnormitäten geringeren oder stärkeren Grades bezeichnet werden können. Dieselben werden durch irgend welche ungewöhnliche äussere Einflüsse hervorgerufen; Verletzungen und mechanische Insulte, abnorme Nahrung, ungünstiger Standort und viele andere Ursachen wirken dabei einzeln oder gemeinsam. Die Folge sind äusserlich sichtbare Degenerations- und Involutionszustände verschiedenster Art und Abweichungen im physiologischen Verhalten. Die Schwankungen im

Aschengehalt der Pflanzen, die oft enorme Ansammlung von Kieselsäure; die Bleichsucht der Pflanzen bei eisenfreier Nahrung; die Anhäufung von Amiden bei hungernden Blüthenpflanzen; die blässeren Färbungen mancher Blüthen u. s. w. sind solche durch äussere Verhältnisse hervorgerufene Aenderungen. Characteristisch für dieselben ist aber der Umstand, dass sie nicht constante, erbliche Attribute aller Nachkommen der so veränderten Pflanzen sind; sie dauern nur, so lange die beeinflussenden äusseren Momente wirksam sind, und verschwinden nach wenigen Generationen, wenn wieder völlig normale Verhältnisse vorgelegen haben. Die Kennzeichen dieser Modificationen sind somit derart variabel, dass sie sich durchaus nicht etwa zur Aufstellung und Characterisirung einer neuen Species eignen; dafür sind vielmehr constante, lange Zeit vererbbare Merkmale erforderlich.

Drittens muss nun aber auch angenommen werden, dass die unserer directen Beobachtung als constant imponirenden Eigenschaften der Species innerhalb längerer Zeiträume eine Umwandlung erfahren. Unter vielen gleichen, denselben äusseren Bedingungen ausgesetzten Pflanzen zeigen zuweilen einige Exemplare geringfügige Differenzen; die Nachkommen dieser halten die Abweichungen fest; nach wiederum langer Zeit stellen sich unter den Nachkommen abermals einige Exemplare ein, welche geringe neue Abweichungen zeigen, und so kann allmählich der Grund zu neuen Varietäten und Arten gelegt werden. Dieses Endziel wird namentlich dann erreicht, wenn entweder die Abweichungen derart sind, dass die damit behafteten Pflanzen unter den gegebenen äusseren Verhältnissen die stärkeren sind und sich rascher vermehren, als die übrigen nicht variirten Exemplare; oder aber wenn die Hand des Züchters absichtlich die in einer bestimmten Richtung abweichenden Individuen auswählt und diese allein zur weiteren Zucht verwendet.

In solcher Weise sucht bekanntlich die Darwin'sche Hypothese die Entstehung der Varietäten, Arten, Gattungen zu erklären. Dabei ist es aber wichtig und für die Kennzeichnung einer gut definirbaren Art unerlässlich, dass die neuen Eigenschaften relativ constant sind und nicht durch verschiedenste äussere Umstände alterirt werden können. In der That erscheint es unmöglich, durch anders gewählte äussere Umstände andere Species beliebig herzustellen; bei dahin zielenden Versuchen bleiben die Pflanzen dieselben, erleiden höchstens Modificationen und degeneriren, aber erlangen keine constante und erbliche Abweichungen, falls nicht eine in der Pflanze gelegene Neigung zum Variiren sich geltend macht und zu neuen

Merkmalen führt. Auf eine solche, ihrem eigentlichen Wesen nach noch nicht zu erklärende Neigung der Pflanzen zum Variiren ist das Entstehen aller Varietäten zurückzuführen. Diese Neigung ist je nach der Art der Pflanze sehr verschieden gross; die einen bilden ausserordentlich leicht Varietäten, die anderen ausserordentlich selten; jedenfalls bilden sich die Abweichungen gerade so gut aus, wenn die Pflanzen sämmtlich unter möglichst gleichen Bedingungen gehalten werden, als wenn sie verschiedenen Einflüssen ausgesetzt sind. Nur die Lebens- und Entwicklungsfähigkeit der variirten Pflanzen hängt von der Gesammtheit der äusseren Bedingungen ab. — Von dem bedeutendsten Einfluss auf die Neigung zu variiren ist die sexuelle Vereinigung verschiedener Individuen; wo eine solche vorliegt, pflegen Variationen sehr reichlich gebildet zu werden. Aber auch ohne sexuelle Processe ist die Disposition mancher Pflanzen zur Bildung neuer Abarten eine sehr grosse.

Sucht man nun aus diesen Anschauungen über die Entstehung und Characterisirung der Arten bei den höheren Pflanzen, welche namentlich von Nägeli präcisirt wurden, Anhaltspunkte für das entsprechende Verhalten der niederen Pilze zu gewinnen, so darf man wohl die Annahme machen, dass bei diesen die Bildung von Modificationen, Varietäten, Arten im ganzen in ähnlicher Weise statthaben wird. Möglicherweise werden gewisse Aenderungen der Form nur als Entwicklungsstufen derselben Art aufzufassen sein und in den Rahmen der Species hinein gehören; ferner werden unter der Einwirkung bestimmter äusserer Einflüsse vorübergehende Modificationen entstehen; endlich werden auch vielleicht Varietäten und neue Arten mit constanten, vererbbaren Merkmalen aus den vorhandenen Arten hervorgehen. In welchem Umfang die Varietätenbildung statthat, das wird vermuthlich von der Neigung der niederen Pilze zum Variiren abhängen; ob diese gross oder gering ist, darüber können nur Beobachtungen und Experimente entscheiden. Da bei den niederen Pilzen und namentlich den Spaltpilzen sexuelle Processe fehlen, und somit einer der wichtigsten Factoren bei der Varietätenbildung in Wegfall kommt, ist von vorn herein eher eine starke Constanz der Arten und ein langsames Variiren zu erwarten. Andrerseits könnte die rasche Vermehrung und die schnelle Folge neuer Nachkommen bewirken, dass trotzdem die Variationen rascher als bei den höheren Pflanzen, in messbaren Zeiträumen und gleichsam vor unsren Augen verlaufen können. Aber es muss noch als fraglich bezeichnet werden, in welcher Weise wir die einzelnen Generationen bei den Pilzen abgrenzen müssen. Ist jede Spaltpilzzelle als ein Individuum

anzusehen und repräsentirt eine einzige Colonie eine unzählige Menge von Generationen? Oder sind die Zellen einer solchen Colonie den Zellen der höheren Pflanzen vergleichbar, und wird erst mit dem Eintritt der Fructification, der Sporenbildung, eine neue Generation geschaffen?

Wir gelangen so nur zu einer Reihe von offenen Fragen und zu der Ueberzeugung, dass aus der Analogie der höheren Pflanzen nichts entscheidendes für das Verhalten der niederen Pilze zu entnehmen ist. Es ist daher lediglich von Beobachtungen und Experimenten ein bestimmter Entscheid zu erhoffen. Jedenfalls spricht aber von vornherein nichts dafür, dass wir für die niederen Pilze eine erheblich erleichterte und häufigere Variirung annehmen müssten, als für die höheren Pflanzen.

Was nun die Resultate der zahlreichen in dieser Richtung angestellten Beobachtungen anlangt, so hat man zunächst allerlei morphologische Differenzen an den niederen Pilzen beobachtet. Einige dieser Differenzen gehören zu denen, welche lediglich die Species characterisiren helfen. In diesem Sinne bewirken die Vorgänge des Wachsthums und der Entwicklung gewisse bei derselben Art stets gleich verlaufende Formverschiedenheiten. Wir sehen aus einfachsten Sporenzellen Stäbchen und Fäden hervorgehen, in den Fäden sich Sporen bilden; wir beobachten ferner bei Schimmelpilzen wie Aspergillus, Penicillium den Uebergang in eine völlig andere Fruchtform, wir sehen die gewöhnliche Hefe in die ganz anders gestalteten sporentragenden Zellen übergehen. Aeussere Einflüsse tragen oft zur Bildung der einen oder der anderen Entwicklungsform bei; aber immer entstehen nur die bestimmten der Art characteristischen Formen, nicht beliebige und nach den jeweiligen äusseren Verhältnissen variirende Abweichungen. Trotz dieser Formendifferenzen oder vielmehr gerade auf Grund derselben lassen sich also leicht bestimmte Species aufstellen. Es kommt nur darauf an, dass man alle Entwicklungsstufen kennen lernt und in die Merkmale der Species einrangiert.

Zweitens kommen auch bei den niederen Pilzen Modificationen der Form unter dem Einfluss äusserer Agentien zu Stande. In geringem Grade mögen z. B. die Nährverhältnisse die Form in ähnlicher Weise beeinflussen, wie es bei höheren Geschöpfen der Fall ist. Geringe Zu- oder Abnahme an Dicke, ein stärkerer Turgor der Zellen und Fäden ist wohl hier und da zu beobachten. Aber bei einiger Aufmerksamkeit lässt sich wahrnehmen, dass diese Abweichungen nie weit genug gehen, um gewisse für die einzelne Art bis-

her als characteristisch angesprochene Merkmale der Form in Frage zu stellen. Das Verhältniss der Länge der stäbchenförmigen Spaltpilze zu ihrer Breite, die Art der Kokkeneinschnürung bei der Theilung, die Form der Enden der Stäbchen, die Art des Fadenverlaufs, der Modus der Zusammenlagerung der Spaltpilze, vor allem aber das ausschliessliche Vorkommen derselben Art entweder in Kokken- oder in Bacillen- oder in Spirillenform bleiben von solchen Veränderungen stets völlig unberührt. — Stärker modificirte Formen entstehen, wenn abnorme Aussenverhältnisse zu pathologischen Zuständen und zur Degeneration führen. So beobachtet man an den aus manchen Bacillen hervorgegangenen Fäden zuweilen bauchige Erweiterungen; und bei absterbenden Bacterien findet allmälig ein körniger Zerfall des Protoplasmas statt.

Abgesehen von diesen leicht richtig zu würdigenden Abweichungen, zeigen sich also die wichtigsten der bisher als characteristisch aufgestellten morphologischen Merkmale der niederen Pilze entschieden constant. Bei den Spaltpilzen ist man allerdings auf äusserst spärliche einfache Kennzeichen der Form angewiesen; manche verschiedene Arten werden wir deshalb noch gar nicht auseinander zu erkennen vermögen und das oben gegebene, wesentlich auf morphologische Kennzeichen gegründete System der Spaltpilze wird gewiss demnächst manche Erweiterung erfahren. Andrerseits ist es auch denkbar, dass dasselbe System nach dieser oder jener Richtung hin eine Einschränkung erfährt, wenn nämlich der Nachweis gelingen sollte, dass einige der bisher als besondere Arten unterschiedenen Formen in genetischem Zusammenhang stehen und nur Entwicklungsstufen einer Art darstellen. Je mehr aber das Beobachtungsmaterial über die Spaltpilze sich häuft, um so wahrscheinlicher wird es, dass die meisten der zur Zeit auf Differenzen der Form gegründete Artenunterschiede Bestand haben werden. Und wenn auch wirklich noch hier und da eine Reduction der Arten eintreten müsste, so würde das doch der Constanz der sonstigen wesentlichsten bisher unterschiedenen morphologischen Merkmale keinen Eintrag thun; namentlich erscheint es durchaus wahrscheinlich, dass die differentesten Formen, wie Mikrokokken, Bacillen und Spirillen specifische, für bestimmte Arten von Spaltpilzen characteristische und nicht in einander übergehende Formen darstellen.

Manche Forscher (Nägeli, Buchner, Wernich, Zopf u. A.)[1] haben

---

[1]) Nägeli, Die niederen Pilze. München 1876. — Untersuchungen über niedere Pilze, Leipzig-München 1882. — Buchner, in Nägeli's Untersuchungen. — Zopf, Zur Morphologie der Spaltpflanzen, Leipzig 1882. — Wernich, Desinfectionslehre.

freilich durchaus andere Ansichten über die Constanz der Form. Sie nehmen zunächst an, dass die hauptsächlichsten bisher an Spaltpilzen unterschiedenen Formenmerkmale (Kokken-, Bacillen-, Spirillenform) nicht für distincte Arten constant und characteristisch sind, sondern dass dieselben Formen bei allen Arten von Spaltpilzen vorkommen. Sie stützen diese Behauptung wesentlich darauf, dass bei der Behandlung mit gewissen Reagentien (Säuren, Jodtinctur, Alkohol u. s. w.) Bacillen und Spirillen Einschnürungen bekommen und eine Zusammensetzung aus Mikrokokken zeigen, dass ferner in Reinculturen oft der directe Uebergang von Mikrokokken in Bacillen und von Bacillen in Spirillen beobachtet werden kann, sobald man nur verschiedene äussere Bedingungen für die Cultur der Spaltpilze wählt. Was aber die erstgenannte Begründung anlangt, so ist nicht zu bezweifeln, dass die durch gewisse Reagentien erhaltene Gliederung der Bacillen und Spirillen Kunstproduct ist; an lebenden oder an vorsichtig eingetrockneten und gefärbten Spaltpilzen ist niemals etwas von dieser Gliederung zu sehen; ausserdem bilden Kokkenketten keine solche walzenrunde Körper, wie sie den Bacillen eigen sind, und niemals haben die erfahrendsten Mykologen sehen können, dass sich eine Kokkenkette nachträglich zu einem solchen gleichmässig runden Faden umformt.

Zur Würdigung der zweiten Begründung muss man sich vor allem der ausserordentlichen Schwierigkeit einer Reincultur in flüssigen Nährmedien (mit welchen die oben genannten Forscher durchweg operirt haben) bewusst sein. Wenn man eine Reihe solcher Culturen namentlich in verschiedenen Nährlösungen und bei verschiedenen Temperaturen anstellt, so ist es unausbleiblich, dass in einige Gläser Verunreinigungen gelangen, da die Art der Uebertragung niemals volle Garantie gegen fremde Keime liefert. Es kann demnach gar nicht ausbleiben, dass in einigen solcher beabsichtigter Reinculturen andere Pilze zur Entwicklung kommen; und zwar um so leichter, wenn die Bedingungen für die Pilze, welche das Object der Forschung bilden, absichtlich ungünstig, für andere Spaltpilze aber günstig gewählt werden. Da nun diese Fehlerquelle gar nicht weggeläugnet werden kann, so sind offenbar Beobachtungen über eine Aenderung der Form bei völlig rein gezüchteten Pilzen nur in den Händen solcher Forscher von Werth, die mit Reinculturen durchaus vertraut und sich der Fehlerquellen bei denselben stets bewusst sind. Solche Reinculturen wollen aber ganz zweifellos methodisch geübt sein; erst nach längerer Zeit gelingt es erfahrungsgemäss, die Ausführung so zu beherrschen, dass man eine bestimmte Spaltpilzart durch eine lange Reihe von Culturen auf verschiedenen Nährsubstraten hindurch rein erhält; Versuche mit pathogenen oder chromogenen Pilzen, bei deren Culturen eine stete Controle der Reinheit möglich ist, müssen nothwendig die erforderliche Uebung in diesen Methoden verschaffen. Alle die Forscher nun, welche in solcher Weise sich auf Reinculturen eingeschult haben, konnten sich bisher niemals von einer Umwandlung von Mikrokokken in Bacillen und umgekehrt überzeugen. Selbstverständlich haben auch sie beobachtet, dass hier und da in einer Cultur eine andere Form von Spaltpilzen auftrat; ist man sich aber der Schwierigkeit der Reinculturen bewusst, so wird man einen solchen einzelnen Fall zunächst

nur auf Fehler der Ausführung zurückführen. Je mehr man Anfänger in den Methoden der Reincultur ist, um so häufiger treten solche Verunreinigungen auf; ist dem Anfänger dann etwa noch ein Selbstgefühl eigen, das es ihm schwer oder unmöglich erscheinen lässt, dass seine Arbeit etwa mit einem Fehler behaftet sein könnte, so kommt er ohne weiteres zu dem Resultat, dass alle abweichenden Formen nicht zufällige Eindringlinge sondern Entwicklungsstufen des einen gezüchteten Pilzes sind. Lässt man denselben Beobachter dann aber die Methoden der Reincultur immer weiter üben, so werden die neu entstehenden Formen immer seltener, und schliesslich gelingt es, lange Reihen unter variirten Bedingungen zu züchten, bei denen gar keine scheinbare Formenumwandlung mehr stattfindet. Bei Allen, welche anfangen sich mit Pilzculturen zu beschäftigen, lässt sich dieser Wechsel der Erfolge und Anschauungen fast regelmässig beobachten. — Selbstverständlich soll und kann trotzdem nicht die Möglichkeit geläugnet werden, dass demnächst noch manche Formenübergänge bei den Spaltpilzen gefunden werden. Für einige der von Zopf untersuchten Pilze, namentlich Beggiatoa und Cladothrix, scheinen auch gewichtigere Gründe und fehlerfreiere Beobachtungen eine Wandelbarkeit der Grundform wahrscheinlich zu machen; aber ein Uebertragen dieses Resultats auf die anderen Spaltpilze ist keinesfalls statthaft und die für die Umwandlung letzterer vorgebrachten Gründe sind durchaus nicht ausreichend, um ein allgemein gültiges Gesetz aufzustellen.

Mit der Anschauung, dass Kokken, Bacterien, Bacillen, Spirillen nur Entwicklungsformen darstellen, die leicht in einander übergehen, würde aber die Aufstellung distincter morphologisch characterisirter Arten immerhin vielleicht doch noch verträglich sein. Wir beobachten ja an den Kokken, Bacillen, Spirillen mancherlei andere Eigenthümlichkeiten der Form, die zur Characterisirung einer Art dienen können; und wenn auf diese Eigenthümlichkeiten das Hauptgewicht gelegt würde, so behielten wir ein auf morphologische Kennzeichen gegründetes System, und könnten eventuell nach der äusseren Form eine Diagnose versuchen, wenn auch derselbe Pilz in einer bestimmten Kokken-Bacterien-Spirillenform vorkäme.

Nach der Ansicht, die namentlich Buchner und Wernich vertreten, ist aber auch eine solche Unterscheidung constanter Formen nicht zulässig; es sollen vielmehr auch die genannten morphologischen Kennzeichen meist lediglich Product der äusseren Lebensbedingungen sein. Die Versuche, welche dies erweisen sollen, sind aber offenbar ebenfalls ohne genügende Beherrschung der Methode der Reincultur ausgeführt worden. Koch und seine Schüler (zu denen sich auch der Verf. rechnet) haben die leider so spärlichen morphologischen Eigenthümlichkeiten, welche die Milzbrandbacillen und die verschiedensten anderen pathogenen, chromogenen und zymogenen Spaltpilze bieten, in Tausenden von Culturen auf verschiedenstem Nährsubstrat constant gefunden. Die Beobachtungen, welche eine Umformung statuiren, fallen hiergegen gar nicht ins Gewicht; denn die möglichen Fehler der Beobachtung liegen ganz ausschliesslich auf Seiten dieser letzteren Anschauung; und in den enorm zahlreichen Reinculturen, welche Koch und seine Schüler in zuverlässiger Weise anstellten, hätten nothwendig in vielen Fällen dieselben Formveränderungen

auftreten müssen, wenn diese eben nicht lediglich in methodischen Fehlern ihre Ursache hätten.

Somit sind Modificationen der Form, die von den äusseren Lebensbedingungen beeinflusst werden, für die niederen Pilze nur in ganz beschränktem Grade bekannt; und wir haben einstweilen die oben näher bezeichneten morphologischen Differenzen der einzelnen Arten als constante, diagnostisch verwerthbare Attribute derselben anzusehen. In längeren Zeiträumen wird sich allerdings vermuthlich auch eine dritte Art von morphologischen Veränderungen an den niederen Pilzen manifestiren, welche zur Bildung von Varietäten und neuen Arten führt; diese scheinen aber meistens in ähnlich langsamer, für unser Zeitmaass unmerklicher Weise sich zu vollziehen wie bei den höheren Pflanzen. Neuerdings sind einige ganz bestimmte Belege dafür beigebracht, dass sich die Form gewisser Bacterien selbst in Jahrhunderten und Jahrtausenden ausserordentlich wenig ändert. An Dünnschliffen verkieselter Coniferenwurzeln aus der Steinkohlenperiode konnte van Tieghem [1]) die characteristischen Formen des Buttersäurebacillus nachweisen; und Zopf und Miller [2]) fanden im Weinstein der Zähne ägyptischer Mumien dieselben Formen von Spaltpilzen, die heute als gewöhnliche Bewohner der Mundhöhle nachgewiesen werden können. — Auch diese Beispiele haben aber nur Gültigkeit für die betreffenden Pilzarten, und man darf nicht ohne weiteres daraus ableiten, dass für alle Pilze eine derartig geringe Neigung zum Variiren besteht.

Es ist bereits mehrfach betont, dass bei vielen durch ihre Eigenschaften durchaus verschiedenen Spaltpilzen sich kaum morphologische Merkmale auffinden lassen, welche zur Abtrennung und Characterisirung verschiedener Arten ausreichen. Namentlich bei den Mikrokokken ist uns durch ihre Kleinheit und scheinbare Gleichmässigkeit fast die Möglichkeit einer sicheren Unterscheidung genommen. In diesen Fällen müssen wir versuchen, auffällige und specifische physiologische Eigenschaften als diagnostisches Hülfsmittel und als Eintheilungsprincip zu verwerthen. Die so benutzten Eigenschaften müssen aber selbstverständlich constant und erblich sein; nur dann sind sie zur Aufstellung von Varietäten brauchbar. Eigenschaften, welche durch allerlei äussere Einflüsse leicht umgewandelt, verloren und acquirirt werden können, sind zur Characterisirung von Varietäten so wenig geeignet, wie schwankende

1) Compt. rend. 1879.

2) Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmakol. 1882.

Formdifferenzen. Aehnlich wie bei den morphologischen Merkmalen ist es denkbar, dass vielleicht mehrere verschiedene physiologische Eigenschaften auf verschiedenen Entwicklungsstufen ein und derselben Art vorkommen, dass also gewisse Species von Pilzen einen bestimmten Cyclus von Eigenschaften, die leicht ineinander übergehen, hervortreten lassen. In dem Falle muss aber die Wandelbarkeit dieser Eigenschaften sich leicht nachweisen lassen, sobald man die Pilzspecies differenten äusseren Einflüssen aussetzt. Zeigt sich die Eigenschaft bei solcher Behandlung im Gegentheil sehr constant, so haben wir es nicht mehr mit Modificationen derselben Art, sondern mit distincten Varietäten zu thun.

Die Beobachtung ergiebt nun, dass bei den niederen Pilzen häufig Aenderung im physiologischen Verhalten unter dem Einfluss der äusseren Umstände eintritt. Beispiele für die Inconstanz vieler Stoffwechselproducte sind bereits früher (S. 206) angeführt; ferner ist früher auf die grosse Dehnbarkeit mancher Lebensbedingungen der niederen Pilze hingewiesen. Diese Differenzen lassen vielleicht zuweilen noch eine künstliche Erweiterung zu, indem an manche Lebensbedingungen eine allmähliche Gewöhnung stattfinden kann, so dass die Pilze schliesslich auf einem eigentlich ungeeigneten Nährsubstrat fortkommen. Concentration, Reaction und Temperatur des Nährmediums können in ihren extremeren Graden bei einer plötzlichen Einwirkung auf niedere Pilze schwächend, degenerirend und selbst tödtend wirken; die schädliche Wirkung wird aber unter Umständen ausbleiben, wenn allmähliche Uebergänge geboten und damit die plötzlichen starken Diffusionsströme und Temperaturwirkungen vermieden werden. In welchem Umfange eine Gewöhnung in diesem Sinne möglich ist, darüber sind noch keine zuverlässigen Angaben bekannt. Jedenfalls muss sich aber die so acquirirte Eigenschaft der niederen Pilze, unter nicht ganz normalen Bedingungen fort zu existiren, unter anderen Verhältnissen wieder verlieren, und dieselbe liefert somit nur eine dem Spiel äusserer Zufälligkeiten unterworfene Modification.

Abgesehen von allen diesen Schwankungen im physiologischen Verhalten, von denen Niemand im Zweifel sein kann, dass es sich dabei stets nur um vorübergehende, nicht hartnäckig für die Art festgehaltene Eigenschaften, und daher nicht um wirkliche Varietäten handelt, giebt es nun aber eine Reihe von Eigenschaften, die durch ihre specifische Beschränkung auf wenige Arten und durch ihre Constanz ausgezeichnet sind. So bemerkt man bei vielen Pilzen, dass sie nur auf ganz bestimmte, characteristische Lebensbedingungen

angewiesen sind, z. B. auf eine relativ hohe Temperatur, auf einen starken Säuregehalt, oder auf streng neutrale Reaction des Nährmediums u. dergl. Durch solche Eigenschaft kann sich die einzelne Art von allen anderen unterscheiden; und diese Eigenschaft behält dieselbe Art oft hartnäckig bei. — Weit schärfer aber als in den Lebensbedingungen tritt die Specifität und Constanz der niederen Pilze in einigen Lebensäusserungen und Stoffwechselproducten hervor.

Wahrscheinlich, wenn auch noch nicht völlig erwiesen, verhält sich so die Abscheidung bestimmter Fermente und ebenso die Production gewisser Gifte (S. 204). Mit aller Bestimmtheit hat man aber in verschiedenen Farbstoffen specifische und constant unter allen Umständen gebildete Stoffwechselproducte erkannt. Es ist S. 205 darauf hingewiesen, dass jede Aenderung des Farbentons mit Verunreinigung einhergeht und dass die Farbstoffbildung vorhanden ist, so lange der Pilz normal wächst und gedeiht, einerlei auf welchem Nährmedium. Bietet man ihm Bedingungen, die ihn nicht auf die Dauer zu erhalten vermögen, so degenerirt er, entwickelt sich kümmerlich, producirt wenig oder keinen Farbstoff und stirbt ab; bringt man ihn aber, so lange er noch lebensfähig ist, auf besseres Substrat zurück, so tritt mit der Erholung auch die Farbstoffproduction in der früheren Weise wieder ein.

Ausserordentlich constant zeigen sich ferner die specifischen Gährungen. Der Verlauf dieser Gährungen ist im Wesentlichen stets der gleiche; die alkoholische Hefegährung, die Milch- und Buttersäuregährung sind seit längster Zeit unter denselben Erscheinungen bekannt, ja bei der Alkoholgährung kennt man seit Jahrhunderten den zugehörigen sie bewirkenden Organismus. Bezüglich der Buttersäuregährung sowie einiger anderer von Fitz untersuchter Gährungen ist man neuerdings durch Experimente über den Gährungserreger ins Klare gekommen; man hat in diesen Fällen dann auf das bestimmteste beobachten können, dass derselbe Spaltpilz stets die gleichen Gährungen hervorruft, die gährfähigen Stoffe in stets derselben Weise zerlegt; Gährung und Gährproduct sind mit Sicherheit vorauszusagen, wenn man den Gährerreger und das Gährmaterial kennt, einerlei ob letzteres noch durch diesen oder jenen anderen Pilz in völlig anderer Weise zerlegt werden kann und einerlei ob diese oder jene sonstigen Nährstoffe, ob höhere oder niederere Temperatur auf die Gährungserreger einwirken. — Ueber viele Gährungen sind wir noch nicht hinreichend sicher orientirt. Die Gährversuche sind noch viel zu selten mit reinem Material ausgeführt, und doch ist absolut reine Einsaat und reine Züchtung nothwendige

Bedingung zur Feststellung der Constanz der specifischen Gährproducte. Durch weitere Forschungen werden vermuthlich noch erheblich zahlreichere beweisende Beispiele für die Constanz dieser biologischen Eigenthümlichkeit gewonnen werden.

Völlig sichere Resultate haben ferner die Beobachtungen über die krankheitserregenden Pilze geliefert: Bei der ganzen grossen Reihe von Krankheiten, die mit aller Bestimmtheit auf ursächliche Mikroorganismen zurückgeführt werden, hat man bis jetzt für jede Krankheit einen bestimmten, meist auch morphologisch gut characterisirten Pilz gefunden. Diese Pilze sind dann von dem kranken Thier auf die denkbar verschiedensten Nährsubstrate übertragen, auf feste oder flüssige, sogenannte natürliche wie Blutserum, Harn, Kartoffeln, oder künstliche wie Fleischextractlösung, Gelatine; sie sind bei mittlerer Zimmertemperatur und bei Brutwärme gezüchtet, mit oder ohne Sauerstoffzutritt — falls die Züchtung überhaupt gelang und eine Vermehrung der Organismen stattfand, blieben dieselben immer mit denselben Eigenschaften begabt und erzeugten dieselbe Krankheit, selbst nachdem sie Monate lang nur auf künstlichen Nährgemischen gezüchtet waren. Um diese Resultate zu erhalten, muss man allerdings die Methode der Reincultur völlig beherrschen; ohne das sind Verunreinigungen und damit andere Formen, abgeschwächte und schliesslich wirkungslose Pilze unvermeidlich. Diejenigen Forscher aber, welche gezeigt haben, dass sie der Methode der Reincultur völlig mächtig sind, konnten niemals beobachten, dass dabei eine Veränderung an dem gezüchteten Pilze eintritt, dass indifferente Pilze pathogen werden, wenn man sie auf Blut oder anderen dem Thierkörper entnommenen Säften vorzüchtet; und ebenso wenig, dass ein dauernder Verlust der pathogenen Eigenschaften durch die Cultur auf heterogenstem pflanzlichen Nährboden sich einstellt. — Auch die krankheitserregende Eigenschaft der Pilze ist demnach offenbar eine solche, welche nicht durch äussere Umstände bedingt, leicht acquirirt und leicht wieder abgelegt wird, sondern sie haftet für lange Zeit und eine Variation vollzieht sich jedenfalls erst in Perioden, die nach Menschenaltern zählen.

So finden wir bei den Pilzen eine Reihe von physiologischen Eigenthümlichkeiten, die durch ihre grosse Constanz und ihr specifisches Vorkommen sich gut zur Characterisirung einer Varietät oder Art eignen. Ein darauf gegründetes System mag in mancher Beziehung von den botanischen Gepflogenheiten abweichen. Liessen sich in den Verhältnissen der Fortpflanzung und des Wachsthums der Spaltpilze durchschlagende Kriterien finden, so würde ja gewiss

das entstehende System besser, natürlicher sein und mehr Anspruch auf Bestand haben. Da nun aber die Kleinheit des Objects derartige Unterscheidungen einstweilen unmöglich macht, müssen wir uns unbedingt nach anderen Merkmalen umsehen; denn wenn bei den niederen Pilzen überhaupt verschiedene Arten vorliegen, bei denen die wichtigsten Eigenschaften sich specifisch und constant erhalten, so ist es für uns von grösster theoretischer wie practischer Bedeutung, diese Arten zu trennen, zu characterisiren und der Diagnose zugänglich zu machen. Soweit es möglich ist, werden wir dabei zunächst Charactere der Fortpflanzung zur Eintheilung benutzen; demnächst werden wir morphologische Kennzeichen, äussere Form, Art der Zusammenlagerung, Gestalt der Colonieen zu verwerthen suchen; wo aber auch diese Merkmale im Stich lassen, erscheint es unbedingt geboten, irgend welche Eigenschaften, die sich als specifisch und constant erweisen, zur Vervollständigung des Systems so lange zu benutzen, bis auch hier feinere morphologische oder Fortpflanzungs-Eigenthümlichkeiten aufgefunden werden. Wir werden sogar in der nächsten Zukunft mit der Aufstellung characteristischer Eigenschaften noch erheblich weiter gehen und auf viel unscheinbarere Eigenschaften, als die der Gährungs- und Krankheitserregung und der Farbstoffproduction recurriren müssen. Eine der wichtigsten Diagnosen eines pathogenen Pilzes — des Tuberkelbacillus — ist bekanntlich neuerdings möglich geworden auf Grund eines eigenthümlichen Verhaltens dieses Pilzes gegenüber gewissen Färbemethoden. Selbst derartig scheinbar nebensächliche Momente, wie das Aufnahmevermögen für Anilinfarben u. dergl. werden wir daher aus practischen Gründen einstweilen mit unter die Kriterien für die Classificirung aufnehmen und wir müssen es einer späteren Zeit und späteren Forschungen überlassen, die morphologischen oder biologischen Eigenthümlichkeiten kennen zu lernen, auf denen das eigenthümliche Verhalten mancher Pilze gegenüber dem Farbstoff beruht.

Neuerdings sind einige interessante Beobachtungen gemacht, wonach die Eigenschaften der Gährungserregung und der Krankheitserregung doch nicht als völlig constant zu betrachten sind. Durch mässiges Erhitzen verlieren einige Pilze, wie erwähnt (S. 207, 256), ganz oder theilweise das Vermögen, Gährung resp. Krankheit zu erregen. Dies scheint auf den ersten Blick dafür zu sprechen, dass die für gewöhnlich in solcher Weise wirksamen Pilze doch wohl keine constanten Varietäten, sondern nur von äusseren Umständen abhängige und in ihren Eigenschaften schwankende Modificationen darstellen. Aber vermuthlich handelt es sich bei den genannten

Abzüchtungsversuchen nur um eine Art Degeneration. Dazu würde allerdings erforderlich sein, dass die Abschwächung sich nicht von Dauer zeigt, sobald die Pilze wieder in günstigere Verhältnisse gebracht sind; und ob dies der Fall ist, kann noch nicht als völlig entschieden angesehen werden. Die neuesten Versuche von Chauveau[1]) sprechen entschieden dafür, dass die Abschwächung eine vorübergehende und daher nur einer zeitweiligen Degeneration vergleichbar ist. Würde es erwiesen, dass sich die künstlich erzielte Abschwächung constant erhält, und dass somit wirklich durch den Einfluss äusserer Umstände eine haltbare harmlose Varietät aus dem virulenten Pilz gezüchtet werden kann, so ist es schwer, eine solche Thatsache mit der doch zweifellos erwiesenen Thatsache der Constanz der fraglichen Eigenschaften gegenüber zahlreichsten anderen äusseren Einflüssen in Einklang zu bringen.

Nägeli, Buchner, Grawitz, Wernich u. A. (Lit. 6—10, 202) lassen auch bezüglich der physiologischen Eigenschaften so wenig eine constante Verschiedenheit der einzelnen Arten von Pilzen gelten, wie hinsichtlich der morphologischen Charactere; sie behaupten vielmehr, dass die Eigenschaften der Gährungserregung, der Krankheitserregung, der Farbstoffproduction u. s. w. in den Entwicklungskreis derselben Art hineingehören und dass der nämliche Pilz je nach den äusseren Umständen leicht die eine oder die andere Eigenschaft erwerben, äussern und wieder verlieren könne. Je länger der Pilz unter den gleichen äusseren Bedingungen gehalten wird, um so energischer soll angeblich die von diesen abhängige Eigenschaft ausgebildet werden; und je länger dann eine solche Anzüchtung bestanden hat, um so schwerer soll eine Umzüchtung in anderem Nährmedium zu anderen Eigenschaften gelingen. Für die Berechtigung dieser Anschauung führte man früher namentlich die Erscheinung der progressiven Virulenz an. Davaine u. A. wollten beobachtet haben, dass sich die Virulenz eines pathogenen Pilzes immer mehr steigere, je öfter man denselben von einem Thier auf das nächste Versuchsthier überimpfe; während von einer infectiösen, zufällig gefundenen Flüssigkeit zur ersten wirksamen Impfung mehrere Tropfen nöthig waren, sollten bei der fortgesetzten Impfung von Thier zu Thier schliesslich minimalste Bruchtheile eines Tropfens zur Erzeugung der tödtlichen Krankheit genügen. Koch und Gaffky (Lit. 27) konnten jedoch neuerdings nachweisen, dass diese progressive Virulenz nicht existirt, dass die anfängliche grössere Dosis nur dann angewendet werden muss, wenn das Impfmaterial sehr unrein ist und nur wenige der pathogenen Organismen enthält; dass dagegen bei reinem Material zu Anfang der Versuchsreihe dieselbe Verdünnung wirksam ist, wie zu Ende derselben.

Fernere Beweise für die Inconstanz der physiologischen Eigenschaften der niederen Pilze suchten die Anhänger dieser Theorie dadurch zu bringen, dass sie zymogene und pathogene Pilze absichtlich unter sehr verschiedene äussere Verhältnisse brachten, um dann die Umzüchtung

1) Compt. rend. 1883. Febr.

und den Uebergang der verschiedenen Eigenschaften womöglich direct zu beobachten. Am bekanntesten und eindrucksvollsten unter den dahin zielenden Experimenten ist die Buchner'sche Umzüchtung des Heubacillus in den Milzbrandbacillus und umgekehrt geworden. Buchner züchtete zunächst die Milzbrandbacillen viele Generationen hindurch in einer Fleischextract, Pepton und Zucker enthaltenden Nährlösung; nach solcher Behandlung zeigten sie sich bald nur noch in grosser Dosis virulent, erlangten dann aber im Organismus stets ihre volle Virulenz wieder; schliesslich waren sie gar nicht mehr pathogen, sondern wuchsen und verhielten sich ganz wie Heubacillen. Koch hat aufs überzeugendste nachgewiesen, dass diese vermeintliche Umzüchtung nur in einer Verunreinigung und allmählichen Verdrängung der Milzbrandbacillen durch Heubacillen bestanden haben kann; bei einem allmählichen Verlust der pathogenen Eigenschaften hätte ähnlich wie bei den durch höhere Temperatur abgezüchteten Milzbrandbacillen zunächst eine weniger intensive, nicht mehr tödtliche Krankheit eintreten müssen; in Buchner's Versuchen fand nach kleinen Dosen keine Wirkung, nach grösseren volle, tödtliche Wirkung statt; dieser Umstand, sowie die Steigerung der Virulenz nach dem Durchgang durch das Versuchsthier entspricht ganz dem Verhalten verunreinigter, nur wenige infectiöse Pilze enthaltender Nährsubstrate, aus denen dann durch die Cultur im Körper — wie bei den Versuchen über progressive Virulenz — der pathogene Pilz rein gezüchtet und isolirt wird. — Die Umwandlung der Heupilze in Milzbrandbacillen suchte Buchner dadurch auszuführen, dass er erstere zunächst in Eiereiweiss mit etwas Fleischextract, dann in frischem Kaninchenblut cultivirte, das mit Luft fortwährend geschüttelt wurde, aber nicht sterilisirt war. Aus solcher Blutcultur wurde dann in Fleischextractlösung weiter gezüchtet; und durch die hier gebildeten Sporen wurde bei Injection grösserer Mengen in einzelnen Fällen eine tödtliche Erkrankung erzielt, die Buchner als Milzbrand anspricht. Seit aber nachgewiesen ist, dass unter den sog. Heubacillen sich verschiedene pathogene Pilze befinden, die den Milzbrandbacillen ähnlich sind und ähnliche Krankheiten erzeugen (s. S. 126, 128), und dass auch im Fleischextract und in faulendem Blut oft Sporen solcher pathogener Bacillen vorkommen, kann das Experiment Buchner's nicht als beweisend angesehen werden; die schliesslich erhaltene Krankheit ist möglicherweise nicht Milzbrand, sondern malignes Oedem oder eine noch andere Krankheit gewesen. Diese Möglichkeit wird zur Wahrscheinlichkeit, wenn man in Betracht zieht, wie ausserordentlich constant sich bisher unter den variabelsten Culturverhältnissen Milzbrandbacillen wie Heubacillen in den Händen derjenigen Forscher gezeigt haben, welche die Methode der Reincultur sicher beherrschen und die Grösse der Fehlerquellen richtig schätzen. — Neuerdings will Buchner die Umzüchtung der Milzbrandbacillen zunächst in eine Uebergangsform, dann in echte Heubacillen binnen kürzester Zeit (24 Stunden) dadurch ausgeführt haben, dass er erstere in Nährlösung von Fleischextract, Eigelb und etwas Alkali bei 36⁰ züchtete. Das Eigelb war nicht sterilisirt; die Impfung wurde aus der Milz eines an Milzbrand verendeten Thieres gemacht; damit sind zwei Möglichkeiten für das Eindringen fremder Pilzkeime gegeben; und dass eine solche unbeabsichtigte Verunreinigung wahrscheinlich in der

That stattgefunden hat, dafür sprechen wiederum die völlig abweichenden Resultate der zahlreichen sonstigen Culturversuche mit Milzbrand. Uebrigens sind bereits Versuchsreihen zur directen Nachprüfung der Buchner'schen Resultate im Gange.

Auch die sonstigen für eine Umzüchtung der Pilze angeführten Beweise sind nicht einwandfrei. So hat Nägeli beobachtet, dass man den Pilzen, welche die Milchsäuregährung in der Milch hervorrufen, durch Cultur in zuckerhaltigem Fleischextract das Säuerungsvermögen völlig nehmen könne, so dass sie dann ammoniakalische Zersetzung der Milch bewirken und erst nach 100 und mehr Generationen ihre frühere Eigenschaft wieder erlangen. Wie bei den Buchner'schen Experimenten kommt auch hier alles darauf an, ob die Reincultur mit voller Sicherheit gehandhabt ist. Wurden Fehler gemacht, so mussten verunreinigende Pilze, die im Fleischextract besser wachsen als die Milchsäurebacterien, letztere verdrängen, um selbst wieder in der Milch von den hier stärkeren Milchsäurebacterien überwuchert zu werden. So kommt dasselbe Resultat heraus gerade wenn fremde unbeabsichtigte Keime sich einschleichen; während bei vorsichtig, unter steter Controle angestellten Versuchen bisher niemals etwas von einer solchen Aenderung der Eigenschaften beobachtet werden konnte.

Den vereinzelten und angreifbaren Versuchen Buchner's und Nägeli's stehen die unzähligen Resultate derer gegenüber, welche bei Reinculturen auf denkbar verschiedenstem Substrat die Krankheitserregung, die Gährungserregung, die Farbstoffbildung zahlreicher niederer Pilze stets die gleiche bleiben sahen. Gestützt auf diese überwiegende Masse von gesicherten Thatsachen, und in der Einsicht, dass die Umzüchtungsversuche nur in grösserer Zahl und mit voller Beherrschung der Methode der Reincultur ausgeführt, Werth und beweisende Kraft haben, muss man einstweilen an dem Satze festhalten, dass die niederen Pilze durch constante, nur sehr langsam variirende morphologische und physiologische Eigenthümlichkeiten ausgezeichnet sind, welche eine Unterscheidung distincter Arten und Varietäten gestatten.

VIERTER ABSCHNITT.

Methoden zur Untersuchung der Mikroorganismen.

Die Methoden zur Untersuchung der niederen Pilze sind so eigenartig und ragen dabei so vielfach in die wichtigsten theoretischen und practischen Fragen dieses Gebietes hinein, dass sie auch hier eine kurze Schilderung erfahren sollen, wenngleich bezüglich der näheren Details auf die speciellen Handbücher der Methoden und auf die einschlägigen Originalarbeiten verwiesen werden muss.

Bei der Untersuchung von niederen Pilzen kann es sich zunächst um einfache mikroskopische Beobachtung handeln; zweitens um die Herstellung künstlicher Culturen und die Isolirung der interessirenden Pilze durch solche Culturen; hieran schliesst sich dann noch die weitere Prüfung der gezüchteten Pilze auf ihre wichtigeren biologischen Eigenschaften.

Die mikroskopische Untersuchung der niederen Pilze.

Die verschiedensten Objecte, Flüssigkeiten und festere Substanzen, Nahrungsmittel, Staub, Erdproben, pflanzliche und thierische Organe und Säfte, vom lebenden oder todten Thier genommen, angesiedelte Pilzcolonieen u. s. w. können zur mikroskopischen Untersuchung gelangen. Dabei hat man zunächst sich bewusst zu sein, dass in unserer ganzen Umgebung sich niedere Pilze befinden, und dass, um den Nachweis von Pilzen in einem dieser Objecte zu führen, das zufällige Hineingelangen von Pilzen aus unsrer Umgebung in das Präparat vermieden werden muss. Alle Instrumente, Gläser, Zusatzflüssigkeiten müssen daher pilzrein sein, was bei ersteren am besten durch kurzes Erhitzen auf mindestens 150° oder in manchen Fällen durch Einlegen in Sublimatlösung (1 : 2000) erreicht wird.

Soll auf pathogene Pilze geprüft werden, so muss man sich bewusst sein, dass auf den Oberflächen des gesunden lebenden Thiers stets massenhaft Pilze wuchern; auf der Haut, in der Mundhöhle u. s. w. findet man die zahlreichsten Keime. Nach dem Tode tritt eine rasche Verbreitung derselben zunächst in alle oberflächlich zugänglichen Körpertheile ein. Proben zur Untersuchung auf pathogene Pilze sind daher selbst beim Lebenden niemals von der ungereinigten Oberfläche zu nehmen; und nach dem Tode ist stets wo möglich das Innere der Organe durch frische Schnitte mit geglühtem Messer frei zu legen.

Die directe mikroskopische Beobachtung (eventuell unter Zusatz von ½ % Kochsalzlösung, Mischung von Glycerin und Wasser, Lösung von essigsaurem Kali 1 : 10) ohne weitere Hülfsmittel führt nur bei grösseren Pilzen zum Ziele, während kleinere Spaltpilze selbst mit den stärksten Vergrösserungen nicht wahrgenommen werden können, namentlich wenn andre Objecte (Zellen, Kerne und Kerndetritus, Krystalle und amorphe anorganische Massen) im Präparat zugegen sind. Fast in allen Fällen, wo es auf genaue Durchmusterung eines Präparates ankommt, ist daher eine Färbung der Mikroorganismen auszuführen. Letztere nehmen gewisse Farbstoffe mit ausserordentlicher Energie auf, und es gelingt meistens die Fär-

bung so zu leiten, dass nur die Mikroorganismen gefärbt oder wenigstens nur diese stark gefärbt sind, während alle übrigen Objecte des Präparates schwach oder gar nicht tingirt sind. Namentlich wo die Abwesenheit von Spaltpilzen in einer Substanz constatirt werden soll, ist lediglich mit Zuhülfenahme der Färbemethode eine sichere Entscheidung möglich. — Die Behandlung der Präparate zum Zweck der Tinction ist verschieden, je nachdem Flüssigkeiten oder thierische Organe vorliegen.

Flüssigkeiten[1]) werden zunächst in dünnster Schicht auf dem Deckglas angetrocknet, dadurch, dass mit kurz vorher geglühtem Platindraht ein kleiner Tropfen auf das Deckglas gebracht und durch einige kreisförmige Bewegungen ausgebreitet wird; oder noch zweckmässiger legt man auf das betropfte Deckglas ein zweites, so dass der Tropfen breit gedrückt wird und die Flüssigkeitsschicht sich bis zum Rande der Deckgläschen erstreckt; dann zieht man die Gläschen seitlich von einander und erhält so zwei dünn bestrichene Flächen; nach wenigen Minuten ist dann die Schicht angetrocknet. Wollte man das Deckglas jetzt unmittelbar mit Farblösung in Berührung bringen, so würde die Schicht wieder abgelöst und fortgeschwemmt werden; die Pilze müssen daher wo möglich erst auf dem Glase fixirt werden. Dies geschieht entweder durch längeres Einlegen der Gläschen in absoluten Alkohol oder durch kurzes Erhitzen auf 110—130° (2—10 Minuten; der richtige Grad der Erhitzung liegt für verschiedene Objecte etwas verschieden und muss durch einige Versuche ermittelt werden). Das Erhitzen kann meistens auch schon dadurch in ausreichender Weise ausgeführt werden, dass man die Deckgläschen 2—3 mal langsam („etwa so rasch wie man Brot schneidet“) durch die Flamme eines Bunsenbrenners oder eine Spiritusflamme zieht. Die Pilze haften nach dieser Behandlung so fest an den Gläsern, dass diese ohne Schaden lange Zeit in wässrigen Flüssigkeiten gehalten werden können.

Auf die so präparirten Deckgläschen wird dann die unten zu erwähnende Farblösung getropft; meist genügt es, wenn man die Lösung 5—15 Minuten einwirken lässt; ist eine längere Einwirkung nöthig, so ist es zweckmässig, die Deckgläschen auf einem flachen Schälchen mit Farblösung schwimmen zu lassen. Das Deckgläschen wird dann mit der Pincette gefasst, von der Farblösung durch Absaugen mit Filtrirpapier befreit, dann in destillirtem Wasser, zuweilen auch in sehr verdünnter Essigsäure (etwa 5 — 10 Tropfen auf

---

1) Für die folgenden Methoden vergl. man R. Koch (Lit. 342) und Weigert (Lit. 343).

100 Cctm. Wasser), gespült, und nun entweder mit Wasser auf den Objectträger gebracht, oder erst nochmals getrocknet und dann in Nelkenöl oder Canadabalsam eingelegt.

Organe müssen zunächst längere Zeit (mehrere Tage) in absolutem Alkohol gehärtet werden; sie müssen dabei allseitig von diesem umgeben und eventuell zerkleinert sein. Sodann stellt man, wo möglich mit dem Mikrotom, eine grössere Anzahl feiner Schnitte her, bringt diese zunächst in absoluten Alkohol und von da in die Farblösung. In letzterer bleiben die Schnitte ½—5 Stunden, in einzelnen Fällen sogar 24 Stunden. Durch Erwärmen auf 30—35° kann diese Zeit erheblich abgekürzt werden. Nimmt man die Schnitte aus der Farbe, so ist das ganze Gewebe stark gefärbt; man sucht dann eine Differenzirung der Pilze gegenüber dem Gewebe dadurch zu bewirken, dass man die Schnitte in Alkohol oder verdünnte Essigsäure bringt, die den Zellen den Farbstoff wieder entziehen und nur Pilze und höchstens noch Zellkerne (ausserdem gewisse Mucinarten, die verhornten Gebilde, zuweilen Fett, Nervenmark) gefärbt erscheinen lassen. In den meisten Fällen wird die Entfärbung des Gewebes am zweckmässigsten dadurch bewirkt, dass man die Schnitte in Alkohol bringt, hier etwa 15—30 Minuten lässt, dann in Nelkenöl überträgt, aus diesem nochmals in reinen Alkohol und dann wieder in Nelkenöl bringt. Zuweilen ist es gut, vor dem Alkohol verdünnte Essigsäure einzuschalten. Im Nelkenöl können die Schnitte direct untersucht werden; oder man bringt sie von da auf den Objectträger, tupft das Oel sorgfältig mit Fliesspapier ab und legt dann in Balsam ein. Einige Farbstoffe halten sich nicht, wenn Nelkenöl angewandt wird; hier fügt man nach dem Alkohol oder nach kurzem Aufenthalt im Nelkenöl Bergamottöl oder Xylol ein. — Steht ein Gefriermikrotom zur Verfügung, so kann das frische Organ sofort nach dem Gefrieren geschnitten werden; die Schnitte bringt man zunächst in Kochsalzlösung, von da vorsichtig in absoluten Alkohol und behandelt sie dann weiter wie oben.

Als Farbstoffe verwendet man nur selten Carmin oder Hämatoxylin, sondern hauptsächlich Anilinfarben, zu denen die niederen Pilze die grösste Verwandtschaft zeigen.

Man unterscheidet nach Ehrlich[1]) 2 grosse Gruppen von Anilinfarben, die durch chemische und histologische Eigenthümlichkeiten scharf geschieden sind, die saueren und die basischen Farbstoffe.

1) Westphal, Ueber Mastzellen, Inaug.-Diss. Berlin 1880. — Schwarze, Ueber eosinophile Zellen, Inaug.-Diss. ibid. 1880. — Spilling, Ueber Blutuntersuchungen bei Leukämie, Inaug.-Diss. ibid. 1880. — Vgl. auch Weigert, Virchow's Arch. Bd. 84.

Zu den saueren rechnet man alle solche Farbstoffe, bei welchen das färbende Princip die Säure ist; der Farbstoff braucht darum nicht eine freie Säure zu sein oder sauer zu reagiren, sondern kann z. B. mit Basen salzartige Verbindungen bilden (wie pikrinsaures Ammon). Man unterscheidet 4 Klassen von saueren Farbstoffen, nämlich 1. Fluoresceïn; dahin gehören Fluoresceïn, Pyrosin, Eosin (Tetrabromfluoresceïn) u. a. m. 2. Nitrokörper; z. B. Martiusgelb (Salz des Binitronaphthols), Pikrinsäure, Aurantia (Ammonsalz des Hexanitrodiphenylamins). 3. Sulfosäuren; z. B. Tropäolin, Bordeaux, Ponceau; Derivate des in Spiritus löslichen Anilinblau; Anilinschwarz u. s. w. 4. Primäre Farbsäuren; z. B. Rosolsäure; Alizarin, Nitroalizarin, Purpurin; Cöruleïn, vielleicht Hämatoxylin u. s. w.

Zu den Farbbasen gehören: Fuchsin (Rosanilin), Methylviolett, Methylgrün (beides Methylderivate des Rosanilins, letzteres gewöhnlich mit Methylviolett verunreinigt), Triphenylrosanilin (rohes Anilinblau) und dessen Derivate, Cyanin, Safranin, Magdala, ferner die besonders viel zur Bacterienfärbung gebrauchten Bismarckbraun, Dahlia, Gentianaviolett.

Die basischen Farbstoffe kommen gewöhnlich nicht als freie Basen im Handel vor, sondern als Salze; so das Fuchsin als salzsaures oder essigsaures Rosanilin.

Für die Färbung der Spaltpilze eignen sich fast ausschliesslich die basischen Farbstoffe; nur diese vermögen auch die Kerne zu färben. Um nicht eine diffuse Färbung des ganzen Gewebes zu bekommen, muss man nach der Tinction die Präparate noch mit solchen Lösungen behandeln, die zu den Farbstoffen eine grössere Verwandtschaft haben, als die Gewebe, aber eine geringere als die Spaltpilze (und Zellkerne); derartige Lösungen sind eben Alkohol und verdünnte Essigsäure.

Manche Spaltpilze zeigen nur zu wenigen Farbstoffen starke Verwandtschaft; es sind daher bei der Aufsuchung noch unbekannter Mikroorganismen die verschiedensten Farbstoffe, bald unter Zusatz von etwas Essigsäure, bald in schwach alkalischer Lösung durchzuprobiren. — Für die meisten Mikrokokken ist jedes Kernfärbemittel (Carmin, Hämatoxylin, basische Anilinfarben) geeignet. Sie färben sich roth mit den kernfärbenden Carminsorten; mit Purpurin, Fuchsin, Magdala, Magentaroth; braun mit Bismarckbraun, Vesuvin; grün: Methylgrün; blau oder violett: Hämatoxylin, Methylenblau, Jodviolett, Methylviolett, Dahlia, Gentiana. Für manche Bacillen eignen sich nur die kernfärbenden Anilinfarben. — Die meiste Verwendung verdienen: Methylenblau (für ausgestrichene Trockenpräparate); Gentianaviolett BR[1]); letzteres in etwa 1 %iger wässriger Lösung. Methyl-, Jod-, Gentianaviolett und Dahlia zeigen in beson-

1) Nach dem Catalog der Berliner Actiengesellsch. für Anilinfabrication. Berlin SO.

derem Grade die Eigenschaft der metachromatischen Färbung, d. h. sie färben verschiedene Elemente mit einer von der Grundfarbe abweichenden Nuance, röthlich bis roth u. s. w. Das gewöhnlich mit Methylviolett verunreinigte Methylgrün giebt oft blaue und zuweilen rosa Nuancirungen.

Zur besseren Differenzirung zwischen Kernen und Spaltpilzen ist zuweilen die Doppelfärbung mit Pikrocarmin und Gentiana geeignet, die darauf beruht, dass Carmin den violetten Farbenton aus den Kernen zu vertreiben vermag, aber nicht aus Bacillen. Die Schnitte werden dann erst in Gentianalösung gebracht, dann in Alkohol, dann zur Entfernung des Alkohols auf einen Moment in Wasser, darauf in WEIGERT'sche Pikrocarminlösung [1]). Nach ½- bis 1stündigem Verweilen werden sie in Wasser, Alkohol, Nelkenöl, Balsam, gebracht. Die Zellkerne erscheinen dann roth, die Bacillen blau gefärbt. — Actinomycesdrusen lassen sich durch Behandlung mit WEDL'scher Orseille (Virch. Arch. Bd. 74) und dann mit Gentiana roth-blau färben.

Tuberkelbacillen werden am besten nach folgender Methode gefärbt: Anilinöl und Wasser werden kräftig geschüttelt, dann durch angefeuchtetes Filter filtrirt; in die filtrirte Lösung tropft man vorsichtig concentrirte alkoholische Fuchsin- oder Gentianalösung, und zwar so lange bis eine leichte wolkige Trübung erscheint, die sich später wieder verliert (auf 10 Cctm. Anilinwasser sind etwa 10 bis 20 Tropfen Farblösung erforderlich). Die mit Sputum nach der oben gegebenen Vorschrift bestrichenen und erhitzten Deckgläser lässt man auf dieser Farblösung 12—24 Stunden schwimmen oder, wenn man gleichzeitig auf 30 bis 35° erwärmt, nur 1—2 Stunden; Schnitte legt man ca. 24 Stunden ein und erwärmt schliesslich noch 1—2 Stunden. Deckgläser und Schnitte werden dann zunächst in saurem Alkohol gespült (100 Cctm. Alkohol, 20 Cctm. Wasser, 20 Tropfen concentrirte Salzsäure); nach kurzer Zeit (½—2 Minuten) ist bis auf etwaige dickere Stellen des Präparats die rothe, resp. violette Farbe aus-



Fig. 65.
Sputum mit Tuberkelbacillen 600/1.

1) Fertig zu beziehen von Dr. GRÜBLER in Leipzig.

gezogen. Man spült nun in Wasser sorgfältig ab, lässt die Deckgläser trocknen und betropft dieselben mit verdünnter wässriger Methylenblaulösung, wenn man Fuchsin, mit Vesuvinlösung, wenn man Gentiana benutzt hatte. Nach 5—15 Minuten spült man in Wasser ab, trocknet und legt in Balsam. Die Schnitte bringt man auf 1/2 Stunde in die Methylenblau- resp. Vesuvinlösung und behandelt sie dann wie gewöhnlich; sollen die Präparate conservirt werden, so benutzt man kein Nelkenöl, sondern nur Bergamottöl. — Man erhält so Bilder, in welchen die Tuberkelbacillen roth oder violett, Zellkerne und Zellen blau resp. braun gefärbt sind. Von anderen Spaltpilzen, welche die gleiche Färbung zeigen, sind bisher nur die Leprabacillen bekannt. Ausserdem färben sich noch einige sonstige Objecte, so die Epidermoidalgebilde, sowie einige im Sputum vorkommende noch nicht näher definirbare anorganische und organische Massen, die aber zu keiner Verwechslung Anlass geben können. — Die reinen Farbstofflösungen sowie die Mischung von Anilin und Wasser können längere Zeit aufbewahrt werden; die letztere muss aber stets zum Gebrauch von neuem filtrirt und die Mischung mit der Farblösung muss stets frisch bereitet werden.[1])

Zum Conserviren der Präparate kann man Canadabalsam, Dammarlack, concentrirte Lösung von essigsaurem Kali oder Glycerin verwenden, letzteres nur für die mit glycerinhaltiger Lösung von Anilinbraun gefärbten Präparate. — Für das Einlegen von Schimmel- und Hefepilzen eignet sich am besten Glyceringelatine (1 Th. Gelatine, 6 Th. Wasser, 7 Th. Glycerin, 1 % Carbolsäure zusammen erwärmt und filtrirt).

Zur Untersuchung der Präparate sind nur die besten Mikroskope geeignet. Für die grösseren Spaltpilzformen (Milzbrandbacillen u. s. w.) sind Trockensysteme ausreichend; für alle feineren Formen bedarf man der besten Oel-Immersionen.[2]) Um die gefärbten Bacterien im Gewebe erkennen zu können, ist ausserdem noch eine

---

1) Die oben beschriebene, von Ehrlich angegebene Modification des Koch-schen Verfahrens zur Färbung der Tuberkelbacillen ist die zuverlässigste. Alle anderen bisher veröffentlichten Modificationen geben weniger sichere Resultate. Vgl. Baumgarten, Ziehl u. A. in Boerner's Deutsch. med. Wochenschrift 1882/83.

2) Oelimmersionen und Beleuchtungsapparate werden in vorzüglicher Ausführung geliefert von Zeiss in Jena, Hartnack in Potsdam, Seibert & Kraft in Wetzlar, R. Winkel in Göttingen. Die Winkel'schen Systeme sind billiger als die der übrigen Firmen und, da ihre Leistungsfähigkeit die gleiche ist, besonders preiswürdig. — Gefärbte mikroskopische Präparate von Spaltpilzen (nam. pathogenen) sind zu beziehen von Th. Fischer's medicinischer Buchhandlung, Berlin NW., Dorotheenstr. 8.

besondere Beleuchtung erforderlich. Am vortheilhaftesten würde es selbstverständlich sein, wenn man ein reines Farbenbild vor Augen bekäme, d. h. wenn Canadabalsam und Gewebe von ganz gleichem Brechungsvermögen und in Folge dessen von dem Gewebe gar nichts, die Bacterien aber nur vermöge ihrer Färbung zu sehen wären. Nun differiren aber für gewöhnlich die verschiedenen Theile des Gewebes in ihrem Lichtbrechungsvermögen vom Canadabalsam und erzeugen durch Diffraction der durchgehenden Lichtstrahlen ein aus Linien und Schatten bestehendes Structurbild, welches das Farbenbild verdeckt. Es muss demnach wo möglich angestrebt werden, die Diffractionserscheinungen und das Structurbild möglichst zum Verschwinden zu bringen; und dies ist möglich durch Anwendung eines passenden Beleuchtungsapparats.

Betrachtet man ein mikroskopisches Präparat bei einer Beleuchtung mit zuerst schmalem und dann immer breiter werdendem, aber immer gleich langem, Lichtkegel, so verschwinden die Diffractionserscheinungen und das Structurbild, welche bei engster Blende am intensivsten waren, allmählich immer mehr; und in demselben Maasse, in dem das Structurbild abnimmt, wird das Farbenbild intensiver und schärfer. Es muss daher wo möglich ein Beleuchtungskegel von so grosser Oeffnung zur Beleuchtung verwandt werden, dass die Diffractionserscheinungen gänzlich zum Verschwinden gebracht werden. Ein Instrument, welches diesen Zweck vollständig erreicht, hat Koch in dem von Abbe angegebenen und von Zeiss angefertigten Beleuchtungsapparat gefunden. Derselbe besteht aus einer Linsencombination, deren Brennpunkt nur einige Millimeter von der Frontlinse entfernt ist. Wenn die combinirte Beleuchtungslinse also in der Oeffnung des Mikroskoptisches und zwar ein wenig tiefer als die Tischebene sich befindet, dann fällt der Brennpunkt mit dem zu beobachtenden Object zusammen und letzteres erhält in dieser Stellung die günstigste Beleuchtung. Der Oeffnungswinkel der ausfahrenden Strahlen ist so gross, dass die äussersten derselben in einer Wasserschicht fast 16° gegen die Axe geneigt sind, der gesammte wirksame Lichtkegel demnach eine Oeffnung von 120°, also eine grössere Oeffnung als irgend ein anderer Condensor besitzt. Die Lichtstrahlen werden dem Linsensystem durch einen Spiegel, der nur um einen festen Punkt in der Axe des Mikroskops drehbar ist, zugeführt. Zwischen Spiegel und Linse, nahe dem Brennpunkte des ersteren, befindet sich ein Träger für Blenden, die ausserdem seitlich und kreisförmig beweglich sind, so dass der beleuchtende Strahlenkegel in jeder beliebigen Weise verändert werden kann. Durch mehr oder weniger grosse Blendenöffnung wird auch die Oeffnung des Strahlenkegels von der kleinsten bis zur grössten mit der Beleuchtungslinie überhaupt zu erzielenden modificirt. Seitliche Verschiebung der Blendenöffnung giebt ohne Bewegung des Spiegels schiefe Beleuchtung und mit Hülfe einer centralen Abblendung kann der mittlere Theil des Kegels ausgeschaltet werden.

Die beste Darstellung der unter dem Mikroskop beobachteten

Bilder liefert die Photographie. Die in der oben beschriebenen Weise am Deckglas angetrockneten Präparate gestatten dabei die Anwendung der stärksten Immersionssysteme. Die Färbung der Spaltpilze geschieht am zweckmässigsten mit Braun. Das Photographiren bietet noch besondere Vortheile, weil die photographische Platte überhaupt das mikroskopische Bild besser oder vielmehr sicherer wiedergiebt, als es die Netzhaut des Auges zu empfinden vermag.

Die lichtempfindliche Platte ist gewissermaassen ein Auge, welches nicht durch helles Licht geblendet wird, welches nicht bei der anhaltenden Unterscheidung der geringsten Lichtunterschiede ermüdet und das nicht durch Glaskörpertrübungen oder andere Fehler behindert wird. Oft findet man auf dem Negativ, wenn das Bild nur scharf eingestellt gewesen war, feine Objecte, z. B. feinste Geisselfäden, welche man nachträglich nur mit äusserster Mühe und unter den günstigsten Beleuchtungsverhältnissen im Mikroskop erblicken kann.

Ueber die Ausführung siehe die unten citirten Lehrbücher der Mikrophotographie.[1])

Eine Verwechslung von Spaltpilzen, namentlich von Mikrokokken ist möglich mit Kerndetritus, der aber ungleich grosse und nicht regelmässig gruppirte Körnchen zeigt; ferner findet man zuweilen kleine Tröpfchen oder Kügelchen, die sich mit kernfärbenden Mitteln tingiren und deren Zugehörigkeit noch zweifelhaft ist. Namentlich leicht ist aber eine Verwechslung möglich mit den Ehrlich'schen Mastzellen (Plasmazellen, granulirte Zellen), die sich ausserordentlich verbreitet finden und bei den verschiedensten pathologischen Processen an Zahl erheblich zunehmen. Die gleichmässig runden Körnchen dieser Zellen werden meist ebenso oder in ganz ähnlicher Nuance wie die Spaltpilze gefärbt; eine Unterscheidung zwischen beiden ist oft nur durch die Lagerungsverhältnisse und namentlich dadurch möglich, dass eben bei den Mastzellen die tingirten Körnchen stets zu zellenähnlichen Gebilden gruppirt sind. — Handelt es sich darum, jede Verwechslung mit thierischen Gewebstheilen auszuschliessen, so kann noch ein besonderes Verfahren zur Anwendung gelangen. Werden nämlich nach der Anilinfärbung die Schnitte anstatt mit Essigsäure oder Alkohol mit einer schwachen Lösung von kohlensaurem Kali behandelt, dann verlieren auch die

---

1) Gerlach, Die Photographie als Hülfsmittel mikroskopischer Forschung. Leipzig 1863. — Beneke, Die Photographie als Hülfsmittel u. s. w. Braunschweig 1868. — Reichardt u. Stürenburg, Lehrbuch der mikroskopischen Photographie. Leipzig 1868. — Vogel, Lehrbuch der Photographie. Berlin 1874. Vgl. die vorzüglichen Photogramme von R. Koch, in Cohn's Beitr. Bd. 2 und in den Mittheilungen a. d. Kais. Gesundheits-Amt Bd. 1.

Kerne und Plasmazellen, überhaupt alles thierische Gewebe, den Farbstoff wieder und die Spaltpilze bleiben ganz allein gefärbt. (Koch.)

Die künstliche Cultur der niederen Pilze.

Zum näheren Studium der Eigenschaften aufgefundener Mikroorganismen ist deren künstliche Züchtung durchaus erforderlich.

Dieselbe kann zunächst in kleinem Maassstabe unter dem Mikroskop vorgenommen werden, wobei es dann wesentlich auf die Beobachtung der morphologischen Veränderungen ankommt, die der betreffende Pilz bei seinem Wachsthum und seiner Entwicklung durchläuft.

Die einfachste Art der mikroskopischen Cultur besteht darin, dass man einen Tropfen Nährlösung und eine Probe aus dem pilzhaltigen Medium auf ein Deckglas bringt und dieses mit dem Tropfen nach unten auf einen hohlen Objectträger legt. Der Rand des Deckglases lässt sich noch mit Wachs oder dgl. verkitten. Auf heizbarem Objecttisch kann man dann die Entwicklung der ausgesäten Pilze selbst mit starken Vergrösserungen beobachten. Koch gelang es z. B. in dieser Weise, die Entwicklung der Fäden und Sporen von Bac. anthracis aufs deutlichste zur Anschauung zu bekommen. — Für die Entwicklung mancher Pilze ist eine Zufuhr von Luft nothwendig, die bei der beschriebenen Vorrichtung nicht stattfinden kann. Prazmowski[1]) hat für diesen Fall die Einrichtung getroffen, dass eine kleine Rinne von der feuchten Kammer ins Freie führt, die nicht durch das Wachs verschlossen wird. — Eine lange Beobachtungsdauer gestatten diese feuchten Kammern nicht, weil der Verschluss mangelhaft ist und nach einigen Tagen sich Verunreinigungen, namentlich durch Schimmelpilze bemerklich machen.

Vollkommenere Vorrichtungen repräsentiren die Glaskammern von v. Recklinghausen und von Brefeld.[2]) Die letzteren, die speciell für die Cultur von Pilzen und für die Beobachtung mit den stärksten Systemen construirt sind, bestehen aus einem engen Glasrohr das in der Mitte zu einer oben und unten, bis fast zur Berührung der Pole zusammengedrückten Kugel erweitert ist. Die Wandungen der Kammer haben nur Deckglasdicke und sind so flach, dass innen ein gleichmässig dünner Ueberzug von Flüssigkeiten aufs leichteste hergestellt werden kann. In solche vollkommen gereinigte und mit Aether und dann mit kochendem Wasser von anhaftendem

1) Lit. 62.

2) Unters. über Schimmelpilze. H. 4. S. 18.

Fett u. s. w. befreiten Glaskammern wird dann die mit dem zu untersuchenden Pilz beschickte Nährlösung so eingesogen, dass sie die Innenwand der Kammer nur schwach überzieht, und dass auf der glatten, gleichmässig dünnen Fläche die Fixirung eines Keimes mit starken Systemen tagelang ohne Störung möglich ist.

In den meisten Fällen bedarf es grösserer Culturen der interessirenden Pilze. — Als Gefässe für diese benutzt man am häufigsten Reagensgläser, die durch einen festen und langen Wattepfropfen gegen das zufällige Eindringen fremder Keime geschützt werden. Buchner empfiehlt besonders sogenannte Saftgläser, die etwa 5 Ctm. Durchmesser und oben einen verjüngten Hals haben, der mit Wattepfropfen versehen und dann noch (um die Ansammlung von Staub zu hindern) mit Zeug überbunden wird. Sollen Gährversuche angestellt werden, so sind geräumige Kochkolben (bis zu mehreren Liter Inhalt) anzuwenden. Für manche Fälle sind kleine flache Glasschälchen mit 1 Ctm. hohen senkrechten Wandungen (sog. Krystallisationsschälchen von 4 Ctm. Durchmesser) besonders geeignet; dieselben werden in cylinderförmigen Bechergläsern von 4½ Ctm. Weite und 15—20 Ctm. Höhe aufbewahrt, in welchen sie mittelst eines gebogenen Messingstreifens leicht auf- und niedergelassen werden können; die Cylinder sind dann in üblicher Weise mit Wattepfropfen verschlossen. Zuweilen endlich bedient man sich nur einer grösseren Zahl von Objectträgern, die auf einem kleinen Gestell von Glas oder Metall zu 6—12 über- und nebeneinander gelagert sind und zusammen auf einem Teller unter einer feucht gehaltenen Glasglocke ruhen. Diese Objectträger werden mit gewissen unten zu beschreibenden festen Nährsubstraten beschickt, die keine völlig pilzdichte Aufbewahrung erfordern.

Sehr wichtig ist die Zusammensetzung der Nährlösung. Dieselbe muss, entsprechend dem oben über die Lebensbedingungen der niederen Pilze Gesagten, vor allem die nöthigen Nährstoffe, C-haltige, N-haltige Stoffe und Mineralsubstanzen enthalten; dabei hängt die Güte der Nährlösung ab von der Nährtüchtigkeit der gewährten Stoffe, ferner davon, ob ihre vorhandene Menge sich dem Concentrationsoptimum möglichst nähert, ob die Reaction dem betreffenden Pilze zusagt, ob und in welcher Menge Sauerstoff zugegen ist u. s. w. Will man Schimmelpilze züchten und gegen ein Eindringen von Spaltpilzen schützen, so ist vor allem der Wassergehalt gering, das Substrat also fest und die Reaction stark sauer zu wählen; für Sprosspilze bieten Flüssigkeiten mit nicht so stark aber doch noch energisch saurer Reaction und reichlichem Zuckergehalt die günstigsten Be-

dingungen; für Spaltpilze sind neutrale, nicht zu concentrirte Flüssigkeiten am geeignetsten.

Als natürliche Nährsubstrate wählt man für Schimmelpilze Decocte von getrockneten Pflaumen und Rosinen; Decocte von frischem Mist von Pflanzenfressern; Abkochung von Hefe mit starkem Zuckerzusatz; ausgestrichenen Mist von Pflanzenfressern; Scheiben von ungesäuertem Brot, das noch mit verschiedenen Decocten gedüngt wird u. s. w. Die Ansäuerung der Substrate, wenn diese noch nicht hinreichend sauer reagiren, erfolgt mit Weinsäure (je nach der Concentration der Nährlösung 2—5%) oder Phosphorsäure (½—1%). — Für Sprosspilze wählt man Malzdecoct, Bierwürze, Most oder eines der oben genannten Decocte mit Traubenzuckerlösung versetzt; für Spaltpilze Harn, Heuinfus, Fleischinfus u. dgl., setzt eventuell Asche von Hefe, Cigarren u. dgl. zu und sucht möglichst neutrale oder höchstens ganz schwach saure oder alkalische Reaction herzustellen.

Als rein künstliche Nährlösungen empfahl früher Pasteur: 100 Theile Wasser, 10 Theile Candiszucker, 1 Theil weinsaures Ammon und Asche von 1 Theil Hefe, deren Gewicht etwa 0,075 der Mischung beträgt. Bucholtz ersetzte in derselben Lösung die Hefeasche durch 0,5 Grm. phosphorsaures Kali; Cohn wählte folgende Zusammensetzung: 0,1 Grm. phosphorsaures Kali, 0,1 Grm. krystallisirte schwefelsaure Magnesia, 0,01 Grm. dreibasisch phosphorsauren Kalk, 20 Grm. destillirtes Wasser, 0,2 Grm. weinsaures Ammon. — Alle diese und ähnliche Nährlösungen litten an verschiedenen neuerdings von Nägeli aufgedeckten Fehlern. Nägeli empfiehlt auf Grund seiner zahlreichen Experimente über den Ernährungsmechanismus der niederen Pilze folgende Lösungen als Normalflüssigkeiten für Spaltpilze (aus denen durch Zusatz von Zucker und Säure leicht solche für Schimmel- und Sprosspilze hergestellt werden können):

1) Wasser 100 Cctm., weinsaures Ammon 1 Grm., Dikaliumphosphat K_2HPO_4 0,1 Grm., Magnesiumsulfat $MgSO_4$ 0,02 Grm., Calciumchlorid $CaCl_2$ 0,01 Grm.

Statt des weinsauren Ammons kann auch essigsaures, milchsaures Ammon u. s. w., oder auch Asparagin, Leucin gewählt werden.

2) Wasser 100 Cctm., Eiweisspepton oder lösliches Eiweiss 1 Grm., K_2HPO_4 0,2 Grm., $MgSO_4$ 0,04 Grm., $CaCl_2$ 0,02 Grm.

3) Wasser 100 Cctm., Rohrzucker 3 Grm., weinsaures Ammon 1 Grm., Mineralstoffe wie in 2.

Für manche Spaltpilze muss die Concentration dieser Lösungen

erhöht, für manche erniedrigt werden. — Auf Sprosspilze wirkt namentlich eine stärkere Vermehrung des Kaliumphosphats günstig.

Besondere Bedeutung haben in letzter Zeit die festen Nährböden erlangt. Als solche sind für Spaltpilze durchschnittene Kartoffeln, Rüben u. s. w. zu gebrauchen; vor allem aber Mischungen von Nährlösungen mit Gelatine oder Agar-Agar. Man bereitet letztere in der Weise, dass man eine durch Erwärmen flüssig gemachte 10%ige Gelatine- oder 1—2%ige Agar-Agarlösung mit dem gleichen Volum Harn, oder Heuinfus, oder Fleischinfus-Peptonlösung, oder Weizeninfus mischt. Die Mischung muss dann neutralisirt werden, was bei stark saurer Reaction zunächst mit Soda, dann mit Dinatriumphosphat, bei schwach saurer Reaction nur mit Dinatriumphosphat geschieht; und darauf muss man die trübe Lösung in der Wärme filtriren durch lockeres Filtrirpapier, oder Glaswolle, oder feines Drahtnetz. In der Kälte erstarren die Lösungen dann zu einer durchsichtigen, klaren Gallerte. — Ferner giebt Blutserum längere Zeit auf 70° erhitzt, eine durchsichtige, feste Gallerte, die gut als Nährboden benutzt werden kann.

Alle diese Nährsubstrate müssen nun vor allen Dingen sterilisirt, d. h. von allen etwa schon darin vorhandenen Keimen befreit werden. Zu dem Zweck werden zunächst die Gläser, die Watte und sonstigen beim Herrichten der Culturgläser gebrauchten Gegenstände etwa ½ Stunde lang auf 150—160° erhitzt (in einem gewöhnlichen kupfernen Trockenschrank). Sodann werden die Gläser unter kurzem Lüften des Wattepfropfens mit der Nährlösung beschickt und nun im Dampfapparat dem strömenden Wasserdampf von 100° etwa 1 Stunde lang ausgesetzt (vgl. S. 267). In gewöhnlichen Dampfkochtöpfen mit fest aufliegendem Deckel muss man 2—3 Stunden lang, bei grösseren Flüssigkeitsmassen noch länger erhitzen. — Kartoffeln, Rüben u. s. w. werden zweckmässig äusserlich mit Sublimatlösung (1 : 2000) gewaschen, dann mit sterilisirtem destillirtem Wasser abgespült und darauf in 15—25 Minuten im Dampfkochtopf gekocht. — Dann werden mit vorher geglühtem Messer Scheiben abgeschnitten und wenn es auf völlig reine Culturen ankommt, werden diese in die oben beschriebenen, in Cylindergläsern stehenden Schälchen gelegt, die dann nach dem Verschluss mit Watte nochmals im Dampfkochtopf sterilisirt werden. — Bei der Bereitung der Gelatinemischungen sind die Nährlösungen vor dem Mischen mit Gelatine für sich zu sterilisiren; nach der Mischung ist die Erhitzung im Dampfkochtopf zu wiederholen, aber nicht über 5—10 Minuten auszudehnen, da sonst die Mischung nach dem Erkalten nicht mehr ordentlich gela-

tinirt. Mischungen mit Agar-Agar. erfordern diese Vorsicht nicht. — Für das Sterilisiren des Blutserums sind hohe Temperaturen nicht anwendbar, weil dabei flockige oder trübe Gerinnung eintreten würde. Die Bereitung desselben erfolgt daher nach KOCH dadurch, dass Serum von möglichst rein gewonnenem Rinder- oder Schafblut in durch Wattepfropf verschlossene, vorher sterilisirte Reagensgläser gefüllt und 6 Tage hindurch täglich 1 Stunde lang auf 58⁰ erwärmt wird (vgl. S. 266). Dann wird das Serum längere Zeit (7—8 Stunden) auf 65—75⁰ erwärmt, bis es eben erstarrt und fest geworden ist.

Zum sicheren Sterilisiren ist demnach nur strömender Wasserdampf von 100⁰, in einzelnen Fällen oft wiederholtes Erwärmen auf ca. 60⁰, zuweilen auch Befeuchten mit Sublimatlösung zu verwenden. — Zu besonderen Versuchszwecken kann man auch wohl die mechanische Entfernung der Keime mittelst Filtriren durch Gips versuchen[1]; oder man kann sich — wie bei den Versuchen über die Präexistenz von Keimen in thierischen Geweben — nur auf die sauberste Entfernung der äusserlich den Gefässen und Objecten anhaftenden Pilze beschränken, indem man darauf rechnet, dass aus einer möglichst rein gehaltenen Atmosphäre und bei raschem Arbeiten keine Keime aus der Luft sich beimengen (vgl. die MEISSNER'schen Versuche S. 27).

Alle Nährsubstrate, die demnächst zur Cultur verwendet werden sollen, müssen endlich noch vor ihrer Benutzung auf Reinheit geprüft werden, dadurch dass man sie längere Zeit, event. bei höherer Temperatur (30—35⁰) stehen lässt; in vollkommen sterilisirten Nährmedien darf dabei keinerlei Veränderung vor sich gehen. Mit Gelatine bereitete Substrate dürfen nur auf 20—25⁰ erwärmt werden, weil sie sich sonst verflüssigen; Agar-Agargemische und geronnenes Blutserum vertragen dagegen ein Erwärmen auf 40⁰.

Das Uebertragen der Pilze auf das sterilisirte Nährmedium erfolgt unter grösster Vorsicht durch Entnahme einer kleinen Probe des pilzhaltigen Materials mittelst geglühten Platindrahts und Ueberführung derselben, unter kurzer Lüftung des Wattepfropfens, auf oder in das Nährsubstrat. Bei dieser Uebertragung ist der Zutritt fremder Keime niemals ganz ausgeschlossen; da aber die Gefahr, dass aus der Luft verunreinigende Keime sich niederlassen, überhaupt viel geringer ist als die, dass an den benutzten Gegenständen Pilze haften, so erweist sich diese Fehlerquelle in praxi als nicht so bedeutend. Immerhin ist es geboten, in allen Fällen, wo es auf sichere Fort-

---

1) MIQUEL u. BENOIST, Bull. soc. chim. 35. 552.

führung von Reinculturen ankommt, eine grössere Reihe von Culturgläsern zu beschicken und sich so eine Controle der Resultate zu sichern.

Besondere Methoden sind erforderlich, wenn das Impfmaterial selbst nicht rein ist, d. h. wenn in demselben mehrere Pilzformen vorhanden sind, während nur eine bestimmte gezüchtet werden soll. Für solche Fälle schlug Klebs das Verfahren der fractionirten Cultur vor, welches darin besteht, dass man zunächst auf einige Culturgläser impft, hier Colonieen auswachsen lässt, von den Colonieen sofort wieder eine kleine Menge auf neues Substrat überträgt, nochmals auswachsen lässt, und so mit der Impfung durch eine Reihe von Culturen fortfährt. Dabei bekommt man in der That allmählich reinere Culturen und zwar von dem oder denjenigen Pilzen, welche am raschesten sich unter den gegebenen Verhältnissen vermehren, während die Chancen immer geringer werden, dass auch von den langsamer wachsenden Pilzen Exemplare in die Impfproben gelangen. Die Methode ist aber deshalb meistens nicht förderlich, weil nicht immer die am schnellsten sich vermehrenden Pilze die interessirenden sind; man kann zwar durch Variirung der äusseren Verhältnisse, namentlich der Temperatur, bald diese bald jene Arten eines Gemisches zu rascherem Wachsthum bringen; aber dies Verfahren bleibt immer unsicher und langwierig, weil wir die günstigsten Wachsthumsbedingungen für die verschiedenen Pilzarten zu wenig kennen.

Weit besser ist das Princip der stärksten Verdünnung des Impfmaterials zum Zweck der Isolirung einer Pilzart. Dies Princip ist zuerst von Brefeld, dann von Nägeli und Buchner empfohlen und von Brefeld z. B. auch zur Beschickung der oben beschriebenen, für mikroskopische Culturen construirten feuchten Kammern befolgt. Man nimmt nach Brefeld eine kleine Partie des Materials und mischt sie gleichförmig mit reinem sterilisirtem Wasser; dabei treibt man die Verdünnung so weit, dass in einer mit einer lanzettförmigen Nadelspitze herausgenommenen Probe nur ein Keim sich vorfindet. Hat man sich durch mikroskopische Untersuchung davon überzeugt, dass dieser Bedingung Genüge geschehen ist, dann überträgt man je eine solche Probe auf 1 Culturglas; und man hat dann die grössten Chancen, dass in einigen solcher Gläser lediglich die Pilze sich entwickeln, die in solcher Zahl im Impfmaterial waren, dass ein Keim derselben in einem Tropfen vorhanden war. Von den in geringerer Menge im Impfmaterial verbreiteten Keimen werden nur in wenige Gläser Exemplare gelangen. Handelt es sich um die

Isolirung von Schimmelpilzen, deren Sporen schwer zu sehen sind, so benutzt man zweckmässig statt des Wassers Nährlösung, lässt die Sporen in das Keimungsstadium kommen, sie dadurch grösser und leichter sichtbar werden, und nimmt dann erst die weitere Verdünnung (mit Controle unter dem Mikroskop) vor.

Für Spaltpilze ist aber die mikroskopische Untersuchung meist zwecklos, da die Sporen oder auch die ausgewachsenen Exemplare zu klein sind, um die Anwesenheit eines einzelnen Keims in einem Tropfen zu constatiren. Man kann hier für die weitere Verdünnung nur einen ganz ungefähren Anhaltspunkt durch das mikroskopische Bild gewinnen. Ausserdem ist bei dem ganzen Verfahren vorausgesetzt, dass die interessirenden Pilze gerade in grösster Menge sich im Impfmaterial finden; in vielen Fällen, namentlich wo es sich um Isolirung pathogener Pilze handelt, wird diese Annahme auch zutreffen; aber zuweilen werden die Verhältnisse anders liegen, und es ist in solchem Falle wenig aussichtsvoll, etwa durch bestimmte Culturbedingungen gerade die interessirenden Pilze zur stärksten Vermehrung und zur Ueberwucherung der anderen zu veranlassen.

Eine wirkliche Sicherheit in der Herstellung von Reinculturen ist daher nur durch die von Koch für diesen Zweck vorgeschlagenen festen Nährböden möglich; solche feste Nährmedien sind schon früher häufig benutzt worden, aber R. Koch hat dieselben erst in bewusster Absicht, um damit Reinculturen zu erzielen, verwandt. — Während in Flüssigkeiten die ausgesäten und die zufällig hineingelangenden Organismen sich mit einander vermischen, so dass spärlicher entwickelte unter der grösseren Zahl rascher entwickelter Pilze kaum herauszuerkennen sind, bleiben auf einem festen Substrat die einzelnen Colonieen ganz isolirt. Impft man eine Bacterienform auf zahlreiche verschiedene Stellen eines festen Nährbodens, so bilden sich an jeder Impfstelle kleine, bald deutlich makroskopisch sichtbare Colonieen; dieselben haben meistens eine charakteristische Farbe oder Consistenz oder Form. Siedeln sich nun auf demselben Nährboden fremde Spaltpilze an, so bilden diese ihrerseits gesonderte Colonieen, die gewöhnlich mit den geimpften sich nicht vermengen und sich durch Farbe, Form oder Consistenz von diesen unterscheiden. Geräth aber zufällig ein fremder Keim in eine der früheren Impfcolonieen und vermehrt sich auf demselben Terrain, so wird sich meist schon das äussere Ansehen der Colonie verändern; leicht und sicher wird aber durch eine einfache mikroskopische Untersuchung festzustellen sein, ob an einer Stelle, die man zum Ueberimpfen auf einen neuen Nährboden wählen will, Verunreinigungen

oder nur die eine Art von beabsichtigten Pilzen sich finden. Nur die völlig rein befundenen Stellen benutzt man zur zweiten Uebertragung, und gerade in dieser Sicherheit, mit der das Material zu jeder weiteren Impfung ausgesucht werden kann, liegt der Vortheil gegenüber den flüssigen Nährsubstraten. Wenn in diesen einmal fremde Pilze sich finden, so verbreiten sie sich im ganzen Medium und es ist reiner Zufall, wenn bei der Ueberimpfung nicht auch von diesen Keimen einer übertragen wird; eine vorherige an einer Probe ausgeführte Controle mit dem Mikroskop bringt hier offenbar nicht den entsprechenden Vortheil; denn wenn die Untersuchung erst einmal fremde Keime erkennen lässt, so ist es sehr schwer, dann doch noch eine Reincultur zu erzielen; man müsste zu dem Zweck immer erst wieder zu weiterer Verdünnung schreiten und so Manipulationen vornehmen, welche die ganze Cultur gefährden. — Bei den festen Nährböden ist dagegen ein penibles Vermeiden des Zutritts fremder Keime gar nicht erforderlich; denn hier giebt die unter steter Controle vorgenommene Auswahl der zum Abimpfen geeigneten Stelle die weitaus beste Garantie.

Als feste Nährböden für Spaltpilze eignen sich besonders die oben beschriebenen Nährgelatinen. Man kann mit denselben entweder Objectträger in der Weise beschicken, dass man die sterilisirte Gelatine durch Anwärmen verflüssigt, in eine unmittelbar vorher auf 150° erhitzt gewesene Pipette aufsaugt und nun auf eine Reihe von Objectträgern so ausfliessen lässt, dass auf jedem ein 1 Ctm. breiter und etwa 2 Mm. hoher Streifen der rasch erstarrenden Gelatine bleibt. Man hält dann diese Objectträger auf geeigneten Gestellen unter einer Glasglocke, also nicht unter pilzdichtem Verschluss. Will man auf diesen Objectträgern Reinculturen herstellen, so zieht man mit einer Platinnadel, die in das Impfmaterial getaucht war, auf jeden Gelatinestreifen senkrecht zum Längsdurchmesser 4—5, etwa 1 Ctm. von einander abstehende Striche, im Ganzen auf 5—6 Objectträgern etwa 20—30 Striche. Die Objectträger lassen nun eine directe Beobachtung unter dem Mikroskop mit schwacher Vergrösserung (100—200) zu. Dabei kann man aufs deutlichste wahrnehmen, wie an verschiedenen Stellen der Striche Colonien aufgehen, die meistens ganz discret bleiben und einheitliche Formen zeigen; von solchen Stellen kann man eine Probe abnehmen und mit stärkerer Vergrösserung durchmustern, und dann von ebendieserselben rein befundenen Stelle unter dem Miskroskop eine Probe zur Weiterimpfung abnehmen. — Oder man kann sich auch noch zu grösserer Sicherheit eines pilzdichten Verschlusses bedienen; dann wählt man die

oben beschriebenen kleinen Krystallisationsschälchen, die in hohen Bechergläsern mit Wattepfropfen stehen; auch diese lassen, wenn sie mit einer nicht zu hohen Schicht klarer Nährgelatine oder auch mit Blutserum gefüllt sind, eine directe mikroskopische Beobachtung zu.

Handelt es sich um die Isolirung complicirter Spaltpilzgemische, so combinirt man zweckmässig das Princip der Verdünnung und das des festen Nährbodens. Man streicht dann die stark verdünnten Lösungen auf der Gelatine in der eben beschriebenen Weise aus und wiederholt eventuell diese Verdünnung, bis man völlig discrete, isolirte Colonieen bekommt. Auf solche Weise gelingt es, die formenreichsten Spaltpilzgemenge zu entwirren.[1])

Die beschickte Cultur ist dann noch unter wechselnden äusseren Umständen zu halten, namentlich sind als günstigste Temperaturen die von 20° und von 35—38° auszuprobiren. (Gelatinen bleiben nur bei ersterer Temperatur fest; Agar-Agarmischungen und Blutserum auch bei höherer.) Manche pathogene Pilze zeigen bekanntlich erst bei etwa 38° ein auch dann noch sehr langsames Wachsthum. Die Nährlösungen sind ebenfalls, wenn es sich um Auffindung der Culturbedingungen von Pilzen handelt, nach Möglichkeit zu variiren; bei pathogenen Mikroorganismen ist namentlich das erstarrte Blutserum zu verwenden. — Sollen Reinculturen conservirt werden, so geschieht dies am besten in gewöhnlichen mit Watte verschlossenen Probirröhrchen mit Nährgelatine, in welche sie sich leicht aus einmal erzielten Reinculturen überimpfen lassen. Der Watteverschluss muss aber dauernd dicht sein; ausserdem überbindet man die Röhrchen zweckmässig mit Pergamentpapier oder dgl., um gegen Staub und etwaiges Durchwachsen von Schimmelpilzen zu schützen und um eine zu starke Verdunstung zu hindern. In solcher Weise aufbewahrt halten sich die meisten Culturen 6—8 Wochen, viele erheblich länger.

Die ganze Methode der Reincultur muss nothwendig erst an einigen Schulfällen erlernt werden; als solche empfehlen sich die Züchtung von Micr. prodigiosus auf Kartoffeln, Gelatinen u. s. w. bei verschiedenen Temperaturen; die Züchtung von Milzbrandbacillen auf Kartoffeln, Fleischinfuspepton-Gelatine, Blutserum ebenfalls bei verschiedenen Temperaturen durch zahlreiche Generationen hindurch;

---

1) Hefepilze und vielleicht noch viele andere gährungserregende Pilze können noch dadurch ziemlich rein cultivirt werden, dass man durch Einsaat einer grossen Menge des Gährungserregers eine intensive Gährung des Mediums hervorruft. Die Reincultur der Hefe beim Brauprocess scheint darin begründet zu sein (vgl. S. 176).

die Züchtung von Aspergillus flavescens auf Kartoffelscheiben bei niederer Temperatur (15—20°) u. s. w. Wenn Jeder, der sich mit Pilzculturen befasst und namentlich an die schwere Aufgabe der Isolirung pathogener Pilze sich heranwagt, vorher an diesen Schulfällen sein Können prüfen würde, dann würden sehr viele unreife und der Wissenschaft nicht förderliche Publicationen unterbleiben.

Ist die Reincultur eines Pilzes gelungen, dann handelt es sich noch um die Feststellung seiner morphologischen und biologischen Eigenschaften. Es ist zu ermitteln, welche Nährstoffe und welche Temperatur sein Wachsthum am meisten begünstigt; es ist zu prüfen, ob er Gährung zu erregen vermag und zu diesem Zweck sind der Reihe nach die wichtigsten gährfähigen Substanzen (Kohlehydrate, mehrwerthige Alkohole, Fettsäuren, Eiweissstoffe u. s. w.) nebst den nothwendigen sonstigen Nährstoffen und unter den sonstigen geeigneten Bedingungen mit dem Pilz in Berührung zu bringen. Weiter ist sein Verhalten gegenüber dem Sauerstoff klar zu stellen; Sauerstoffabschluss kann dadurch bewirkt werden, dass ein Kolben mit Nährlösung stark gekocht und dann der ausgezogene Hals des Kolbens zugeschmolzen wird; durch Abbrechen eines seitlichen feinen Ansatzes lässt man das Impfmaterial eintreten und schmilzt dann auch diesen Ansatz sogleich wieder zu; der volle Wasserhammer giebt Aufschluss über die gelungene Austreibung der Luft. — Ferner ist die etwaige pathogene Natur des isolirten Pilzes zu constatiren; Impfversuche an verschiedensten Thieren, an den für Infectionskrankheiten besonders empfänglichen Mäusen, aber auch an Meerschweinchen, Kaninchen, Affen u. s. w. sind eventuell auszuführen. Die Versuche sind mit kleineren und grösseren Dosen vorzunehmen, die Einverleibung muss bald eine oberflächliche Impfung sein, bald eine Injection in das subcutane Gewebe, bald eine Einspritzung direct in die Blutbahn. Erkranken oder sterben Versuchsthiere, so sind mit deren Blut die nämlichen Züchtungs- und Uebertragungsversuche zu machen und die Identität der eingeimpften und der gefundenen Pilze ist sicher zu stellen. Alle diese Versuche sind über längere Reihen auszudehnen. — Endlich sind noch Experimente über die Absterbebedingungen des Pilzes anzustellen, und es ist zu ermitteln, welche äussere Umstände und welche Desinfectionsmittel am leichtesten zu seiner Vernichtung führen.

REGISTER.

A.

B.

T.

U.

V.

W.

X.

Z.

Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig.

MEDICINISCHER VERLAG VON F. C. W. VOGEL IN LEIPZIG.

v. ZIEMSSEN'S HANDBUCH
der
Speciellen Pathologie und Therapie.

Band	Inhalt	Preis
I. Band.	Hygiene. ***Dritte Aufl.*** 1—3. Theil. 1883.	
II. Band. 1.	Acute Infectionskrankheiten. ***Zweite Aufl.***	12 M.
II. Band. 2.		15 M.
III. Band.	Syphilis. Invasionskrankheiten. Infectionen durch thierische Gifte. ***Zweite Auflage.***	12 M.
IV. Band. 1.	Krankheiten des Kehlkopfs. ***Zweite Auflage.***	11 M.
IV. Band. 2.	Trachea und Bronchien. ***Zweite Auflage.***	10 M.
V. Band.	Lungenkrankheiten.	15 M.
VI. Band.	Herzkrankheiten. ***Zweite Auflage.***	15 M.
VII. Band. 1.	Mund. Gaumen. Rachen. Oesophagus. ***2. Aufl.***	10 M.
VII. Band. 1.	Anhang. (Oesophagus apart.)	4 M.
VII. Band. 2.	Magen und Darm. ***Zweite Auflage.***	14 M.
VIII. Band. 1.	Leber und Galle. complet. ***Zweite Auflage.***	15 M.
VIII. Band. 2.	Milz. Nieren. ***Zweite Auflage.***	10 M.
IX. Band. 1.	Harnapparat I. ***Zweite Aufl.,*** von Bartels.	10 M.
Derselbe,	***Dritte Aufl.,*** E. Wagner, Morbus Brightii.	7 M.
IX. Band. 2.	Harnapparat II. ***Zweite Aufl.***	11 M.
X. Band.	Weibl. Geschlechtsorgane. ***Fünfte Auflage.***	10 M.
XI. Band. 1.	Gehirnkrankheiten. ***Zweite Auflage.***	20 M.
XI. Band. 2.	Krankheiten des Rückenmarks. ***Zweite Aufl.***	20 M.
XII. Band. 1.	Nervenkrankheiten. ***Zweite Auflage.***	10½ M.
XII. Band. 2.		14 M.
XII. Band. 2.	Anhang: Kussmaul, Störungen d. Sprache. ***2. Aufl.***	6 M.
XIII. Band. 1.	Bewegungsapparat. Erkältungs-Krankheiten. Scrophulose. Lymphdrüsen. Diabetes. ***2. Aufl.***	12 M.
XIII. Band. 2.	Allgemeine Ernährungsstörungen. ***Zweite Aufl.***	15 M.
XIV. Band. 1.	Hautkrankheiten I. 1883.	14 M.
XIV. Band. 2.	" " II. Erscheint 1883.	
XV. Band.	Intoxicationen. ***Zweite Auflage.***	12 M.
XVI. Band.	Geisteskrankheiten. ***Zweite Auflage.***	13 M.

Gebundene Exemplare, in dauerhaften, eleganten Halbfranzbänden sind durch jede Buchhandlung zu beziehen.

☞ ***Jeder Band ist auch einzeln käuflich.*** ☜

---

v. ZIEMSSEN'S HANDBUCH
kann auch nach und nach bezogen werden in der
Neuen Ausgabe in ca. 58 Lieferungen
zu 6 Mark.

Jeden Monat erscheinen 2 Lieferungen. Einzelne Lieferungen werden nicht abgegeben.

☞ In die **Subscription** kann jederzeit eingetreten werden. ☜

Koch, Dr. R. (Wollstein), Untersuchungen über die Aetiologie der Wundinfectionskrankheiten. Mit 5 Tafeln. gr. 8. 1878. 5 M.

Lebert, Prof. H. (Breslau), Aetiologie und Statistik des Rückfalltyphus und des Flecktyphus in Breslau 1868 u. 1869. 2 M. 80 Pf.

v. Liebermeister, Prof. Dr. C. (Tübingen), Handbuch der Pathologie und Therapie des Fiebers. Mit 23 Holzschn. gr. 8. 1875. 13 M.

Michel, Dr. C. (Köln), Zur Behandlung der Krankheiten der Mundrachenhöhle und des Kehlkopfes. gr. 8. 1880. 3 M.

Naunyn, B. und **J. Schreiber** (Königsberg), Ueber Gehirndruck. Mit 7 Tafeln. gr. 8. Separat-Abdruck. 1881. 5 M.

Rigauer, Dr. V. (München), Die Diphtherie und ihre Behandlung durch das kalte Nasenbad. Mit 2 Tafeln. gr. 8. 1880. 2 M. 80 Pf.

Schreiber, Dr. A. (Augsburg), Ueber die Veränderungen des Augenhintergrundes bei internen Erkrankungen. Mit 8 chromolith. Tafeln. gr. 8. Separat-Abdr. 1878. 5 M. 60 Pf.

v. Tröltsch, Prof. Dr. A. (Würzburg), Lehrbuch der Ohrenheilkunde mit Einschluss der Anatomie des Ohres. **7. umgearb. Auflage.** Mit 21 Holzschnitten im Text. gr. 8. 1881. 14 M.

Uffelmann, Dr. J. (Rostock), Die Diät in den acut-fieberhaften Krankheiten. Mit 3 Holzschnitten. gr. 8. 1877. 2 M. 50 Pf.

—— Handbuch der privaten und öffentlichen Hygiene des Kindes. Zum Gebrauche für Studirende, Aerzte, Sanitätsbeamte u. Pädagogen. Mit 10 Abbildungen. gr. 8. 1881. 11 M.

Wagner, E. (Leipzig), Handb. des Morbus Brightii. 1882. 7 M.

Weil, Prof. A., Handbuch und Atlas der topographischen Percussion nebst einer Darstellung der Lehre vom Percussionsschall. Mit 26 Tafeln. **Zweite veränderte Auflage.** gr. 8. 1880. 12 M.

—— Zur Lehre vom Pneumothorax, insbesondere vom Pneumothorax bei Lungenschwindsucht. Mit 44 Holzschn. Separatabdruck. gr. 8. 1882. 4 M.

Winternitz, Prof. Dr. W. (Wien), Handbuch der Hydrotherapie. Mit 15 Abbildungen. gr. 8. 1881. 6 M.

Zahn, Dr. J. (Rostock), Beiträge zur pathologischen Histologie der Diphtheritis. Mit 4 Tafeln. gr. 8. 1878. 6 M.

Zenker, Prof. F. A. (Erlangen), Ueber die Veränderungen der willkürl. Muskeln im Typhus abdominalis. Mit 5 Taf. gr. 4. 1864. 12 M.

v. Ziemssen's Handb. der Allgemeinen Therapie. 3 Bände. 1883.

v. Ziemssen's Handb. d. Speciellen Pathologie u. Therapie. 16 Bde.

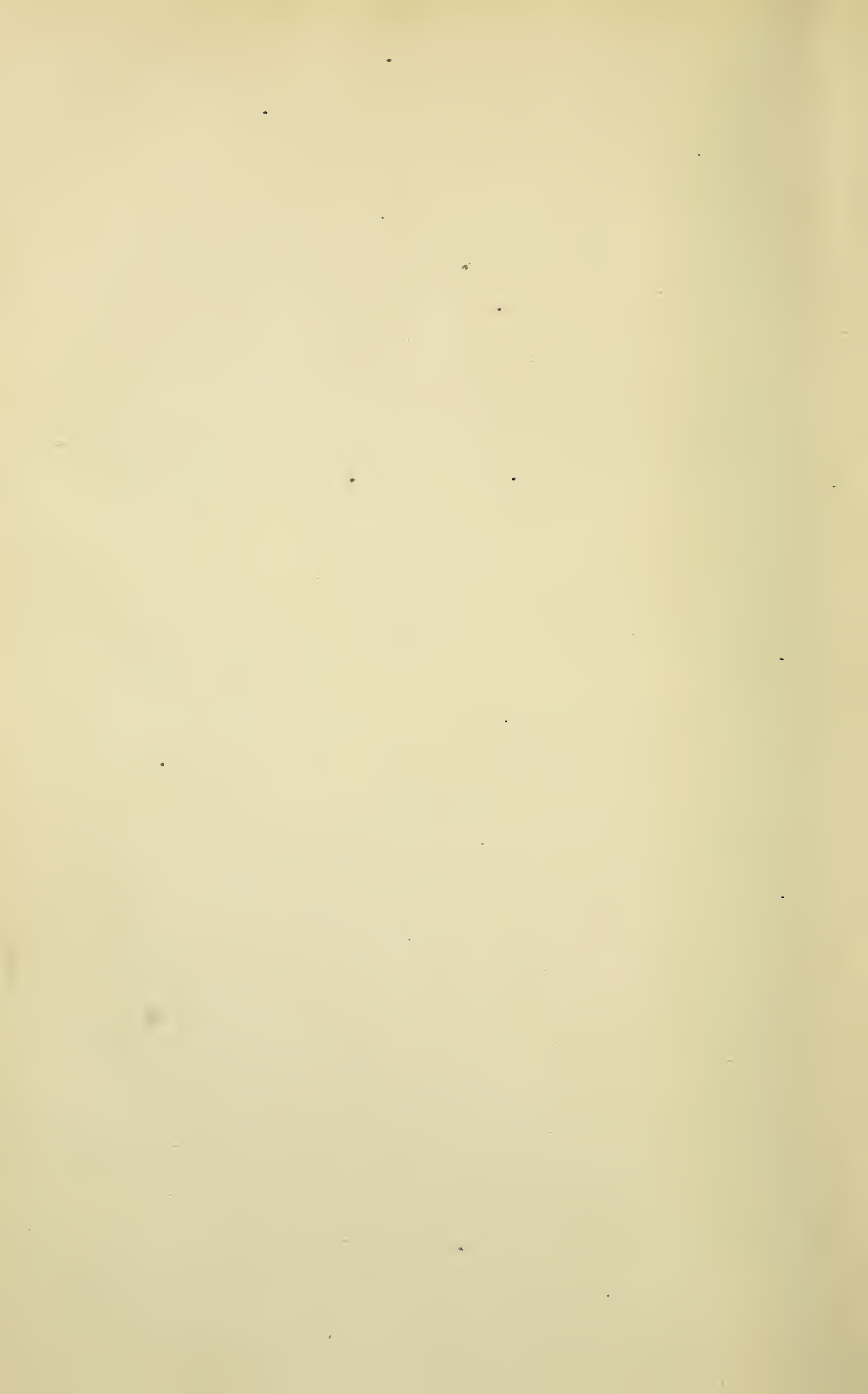
v. Ziemssen, H. u. H. **Immermann,** Die Kaltwasserbehandlung des Typhus abdominalis. Mit 24 Holzschnitten. gr. 8. 1869. 6 M.

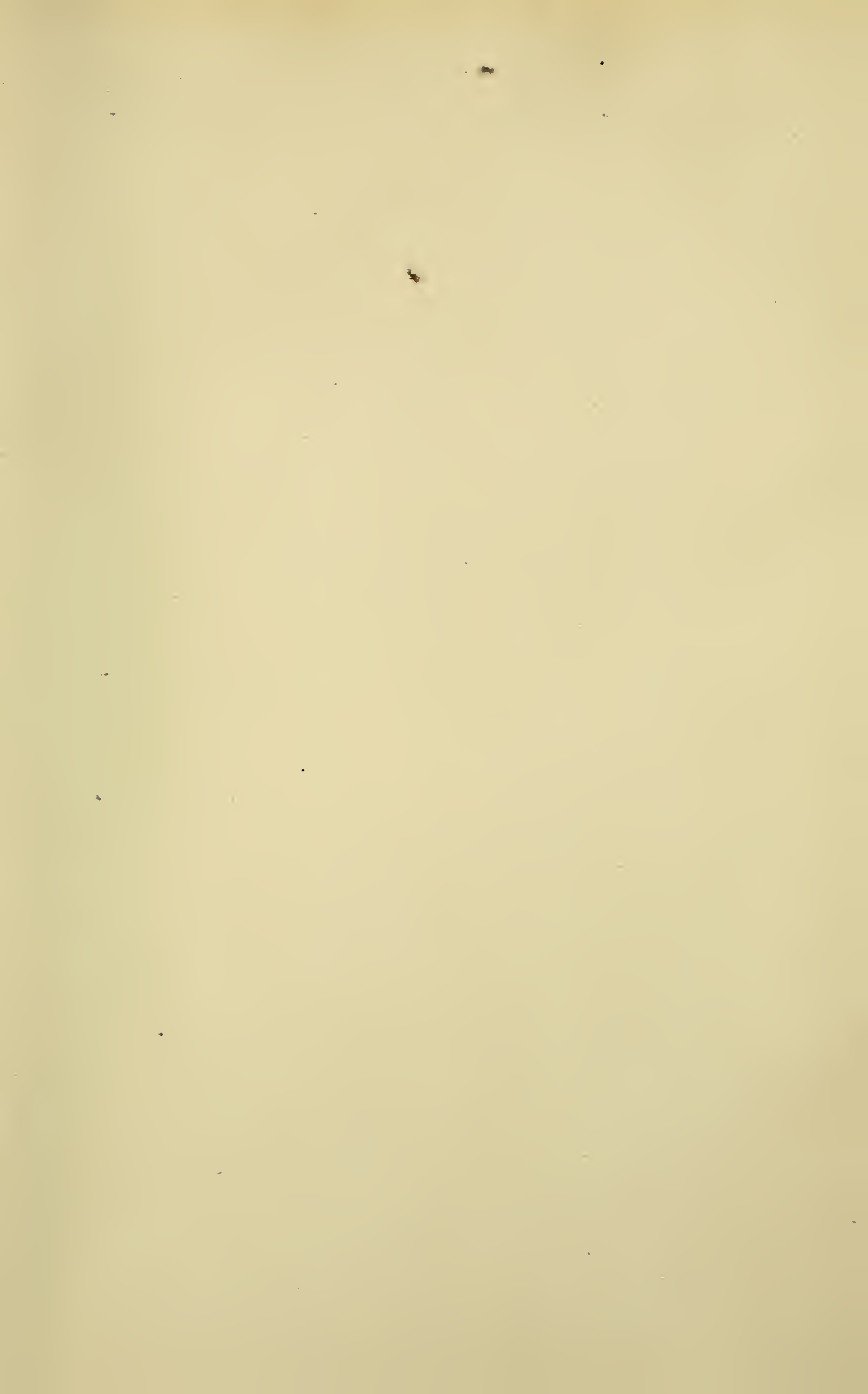
Aerztliches Vereinsblatt für Deutschland. Organ des deutschen Aerztevereinsbundes. Von 1881 ab in Commission. s. S. 27.

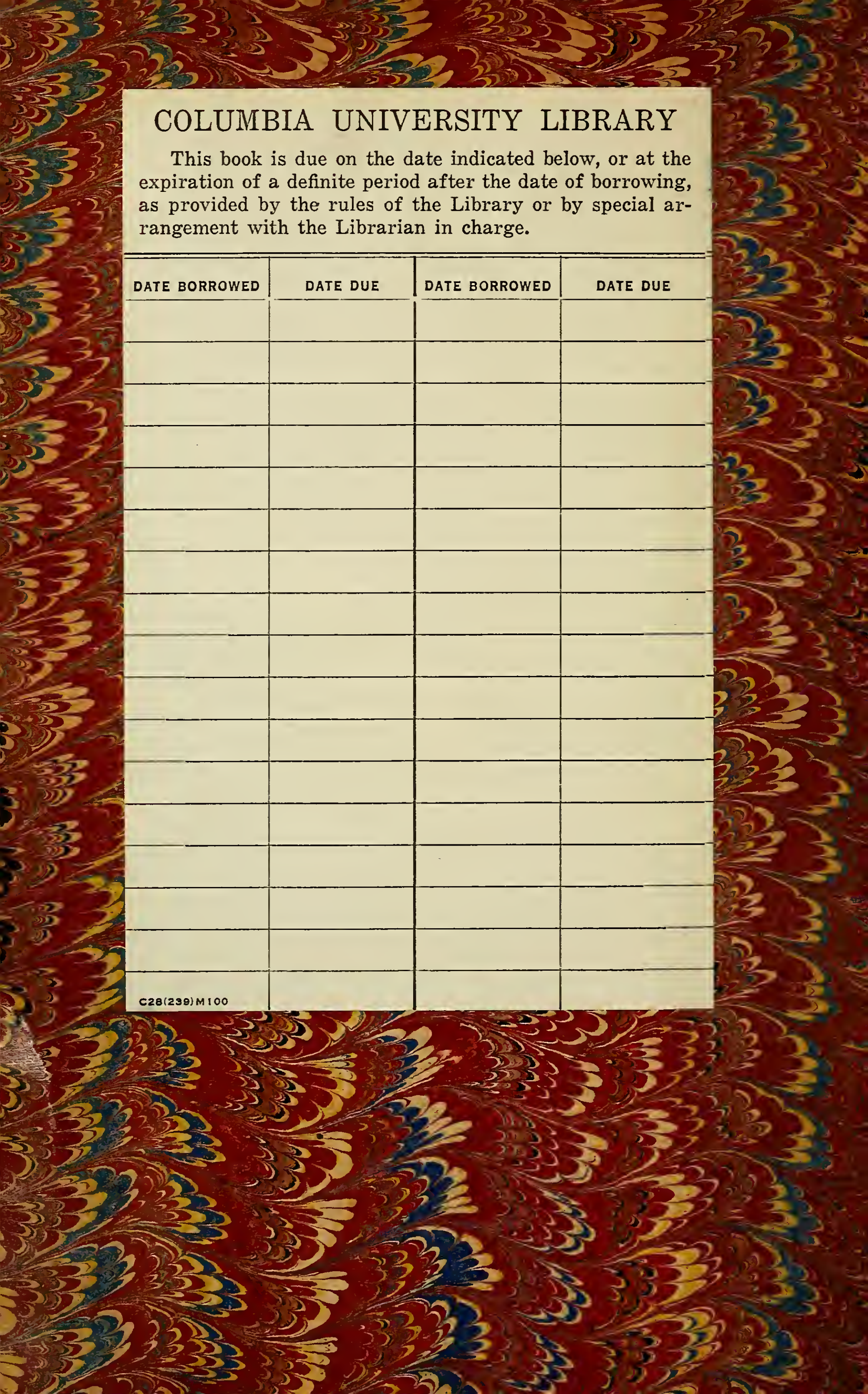
Deutsches Archiv für klinische Medicin. pro Band 16 M.

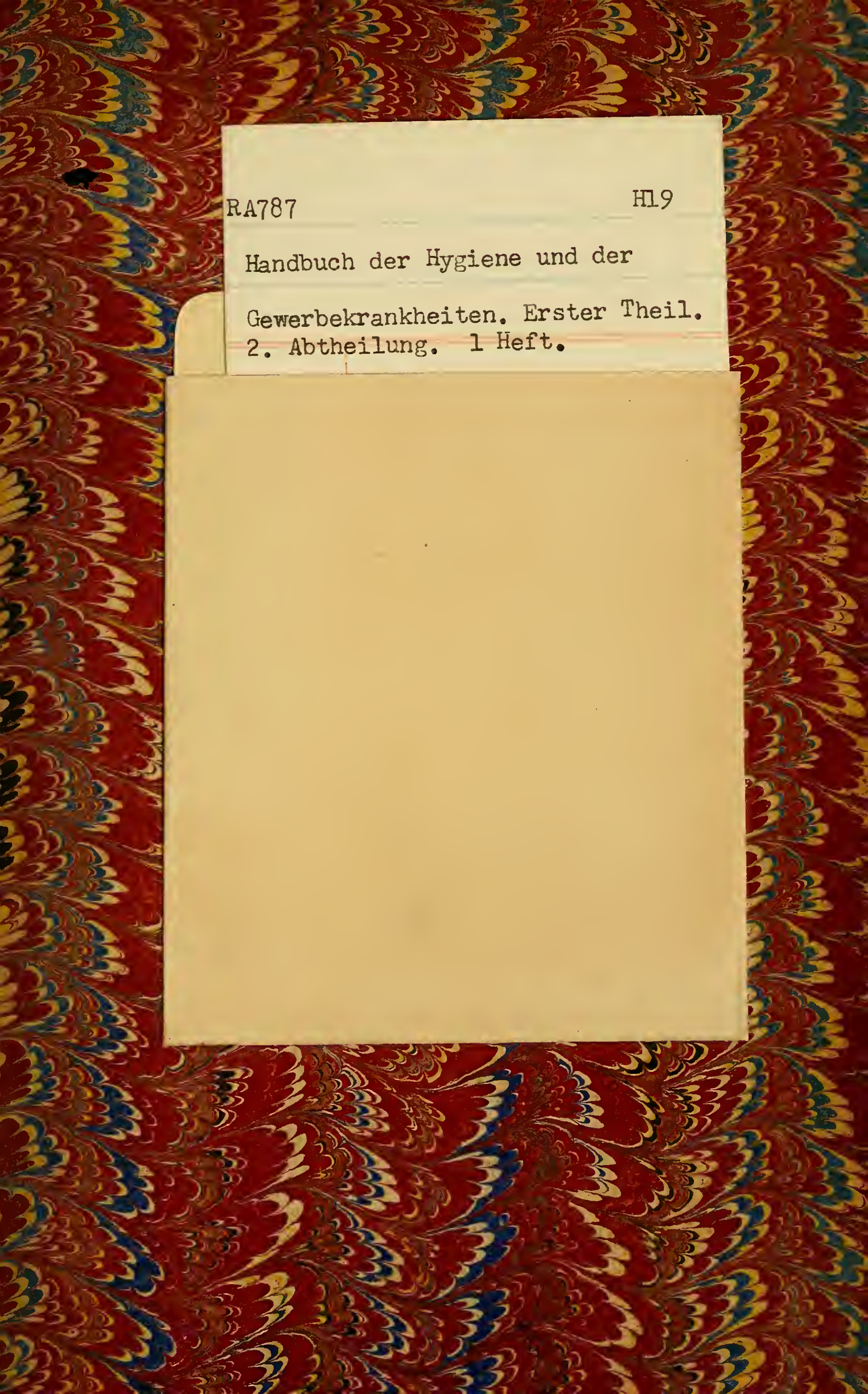
Druck v. Hirschfeld, Leipzig.










RA787
H19
Handbuch der Hygiene und der
Gewerbekrankheiten. Erster Theil.
2. Abtheilung. 1 Heft.

